

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

#### Traitement de la langue naturelle par ordinateur Quelques méthodes

Quoidbach, Françoise

*Award date:*  
1985

*Awarding institution:*  
Université de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

TRAITEMENT  
DE LA LANGUE NATURELLE  
PAR ORDINATEUR :  
quelques méthodes

*Mémoire présenté par  
Françoise QUOIDBACH  
en vue de l'obtention du grade  
de licencié et maître en  
informatique*

## *Remerciements*

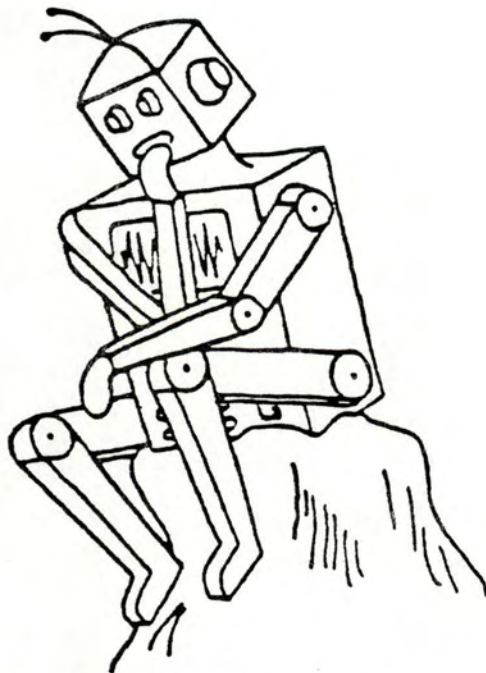
*Au terme de ce travail qui clôture mes études, je tiens à remercier les professeurs de l'Institut qui m'ont aidée à découvrir le domaine fascinant de l'Informatique.*

*En particulier, je remercie Monsieur Baudouin Lecharlier qui, durant ces deux années, n'a cessé de me guider dans des tâches parfois ardues. Je le remercie pour la confiance qu'il a placée en moi, ses encouragements et sa patience. Qu'il trouve ici l'expression de mon estime et de ma reconnaissance.*

*Mes remerciements vont également à mes parents qui m'ont offert le privilège de poursuivre un second cycle d'étude et leur constante sollicitude.*

*Je remercie également Pierre pour l'aide qu'il m'a apporté dans la dactylographie de ce travail.*

*Enfin, merci à Jean-Marc, mon mari, pour sa présence, sa bonne humeur et ses encouragements.*



THINK(robot) IMPLIES EXIST(robot)



*TABLE DES MATIERES*  
 =====

<i>Introduction</i>	<i>5</i>
<i>Chapitre I. Introduction à l'intelligence artificielle</i>	<i>11</i>
<i>1.1. Introduction</i>	
<i>1.1.1. Justification du chapitre</i>	
<i>1.1.2. Objectifs</i>	
<i>1.1.3. Plan</i>	
<i>1.2. "Intelligence artificielle"</i>	
<i>1.2.1. Définition</i>	
<i>1.2.2. Concepts sous-jacents</i>	
<i>1.2.3. Caractéristiques de l'I.A.</i>	
<i>1.2.4. L'histoire</i>	
<i>1.2.5. Applications</i>	
<i>1.2.6. Quelques types de représentation                 de la connaissance</i>	
<i>Chapitre II. Logique formelle et traitement                 du langage naturel</i>	<i>27</i>
<i>II.1. Introduction</i>	
<i>II.1.1. Objectif du chapitre dans l'objectif                 général du mémoire</i>	
<i>II.1.2. Plan</i>	
<i>II.2. Logique formelle</i>	
<i>II.2.1. Origine</i>	
<i>II.2.2. Définition</i>	
<i>II.2.3. Logique des propositions et logique                 des prédicats</i>	

### *II.3. Logique des prédicats du premier ordre*

#### *II.3.1. Langage*

#### *II.3.2. Interprétation*

#### *II.3.3. Principe de résolution*

### *II.4. Logique des prédicats du premier ordre et langage naturel*

#### *II.4.1. Préliminaires : rappels*

#### *II.4.2. Formalisation du langage naturel au moyen du calcul des prédicats*

#### *II.4.3. Critique*

#### *II.4.4. Conclusion*

## *Chapitre III. Méthodes syntaxiques*

49

### *III.1. Introduction*

#### *III.1.1. Justification du chapitre*

#### *III.1.2. Plan*

### *III.2. Grammaires génératives : généralités*

#### *III.2.1. Le structuralisme*

#### *III.2.2. Objectifs généraux*

#### *III.2.3. Présupposés*

#### *III.2.4. Compétence et performance*

#### *III.2.5. Grammaticalité et interprétabilité*

#### *III.2.6. Concept de grammaire*

### *III.3. Grammaire "context-free" : grammaire générationnelle syntagmatique*

#### *III.3.1. Définition*

#### *III.3.2. Présentation*

#### *III.3.3. Critique*

#### *III.3.4. Conclusion*

### *III.4. Grammaire générative transformationnelle*

#### *III.4.1. Objectifs et présupposés généraux*

#### *III.4.2. Justification dans le travail*

#### *III.4.3. Présentation*

#### *III.4.4. Critique*

### *III.5. Réseaux de transition augmentés*

#### *III.5.1. Justification dans le travail*

#### *III.5.2. Présentation*

#### *III.5.3. Critique*

### *III.6. Conclusion*

## *Chapitre IV. Méthodes sémantiques*

92

### *IV.1. Introduction*

#### *IV.1.1. Objectifs*

#### *IV.1.2. Plan*

### *IV.2. Historique*

### *IV.3. Katz et Fodor*

#### *IV.3.1. Introduction*

#### *IV.3.2. Présentation de la théorie de Katz et Fodor*

#### *IV.3.3. Adéquation*

#### *IV.3.4. Utilisation en intelligence artificielle*

### *IV.4. Grammaires de cas*

#### *IV.4.1. Fillmore*

#### *IV.4.2. Systèmes de cas en I.A. : réseaux sémantiques*

<i>Chapitre V. Les frames : des canevas pour événements</i>	<i>127</i>
<i>V.1. Introduction</i>	
<i>V.2. Idées générales : MINSKY</i>	
<i>V.2.1. Idée de base</i>	
<i>V.2.2. Les frames</i>	
<i>V.3. CHARNIAK : développement des frames de scénario</i>	
<i>V.4. Conclusion</i>	
<i>Chapitre VI. Tentative de synthèse</i>	<i>135</i>
<i>Conclusion</i>	<i>138</i>
<i>Lexique</i>	<i>141</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>144</i>



*INTRODUCTION*  
=====

*Est-il possible qu'un ordinateur comprenne le langage naturel ?*

*Y a-t-il moyen de modéliser la langue naturelle et d'élaborer une méthode pour son utilisation comme "langue de communication" avec l'ordinateur ?*

*Ce mémoire a pour objectif de donner des éléments de réponse à ces questions. Il se présente comme un relevé de quelques outils informatiques et théories du langage naturel utilisés dans la recherche en linguistique automatique<sup>⊙</sup> (1). Le choix des modèles présentés est représentatif des diverses tendances de la recherche.*

*Qu'est-ce que comprendre une langue ?*

*Des éléments linguistiques sont combinés pour produire un énoncé. Celui-ci est porteur de signification en ce sens qu'il renvoie à une "réalité" ou "situation réelle" qu'il est censé décrire.*

*Cette réalité peut être représentée par un ensemble d'énoncés qui alors participent solidairement à produire une signification.*

*Mais, dans les faits, un énoncé ou un ensemble d'énoncés ne rendent compte que partiellement d'une situation réelle. La signification globale est obtenue*

---

*(1) Les termes surmontés du signe ⊙ sont définis dans un lexique, à la fin de ce travail.*



nue par l'ajout d'éléments méta-linguistiques.

Comme manifestation humaine et sociale, une langue s'inscrit dans un contexte qui l'englobe et participe à sa sémantique.

Il semble donc que la "compréhension d'une langue" ne se conçoit pas sans un amont de connaissances, relatives, d'une manière générale, à l'univers.

Comprendre une langue requiert donc la connaissance des éléments linguistiques, des lois qui régissent leurs combinaisons en énoncés, des éléments méta-linguistiques et la faculté d'établir un rapport entre le symbole et la réalité, de déduire une signification à partir de toutes ces connaissances.

Quels sont les éléments linguistiques de base pertinents dans les combinaisons ?

Est-il possible de modéliser la connaissance que nous avons du monde ?

Est-il concevable, à l'heure actuelle, qu'un ordinateur parvienne à la compréhension du langage naturel ainsi définie ?

Une théorie de la compréhension de ce langage est-elle même possible ?

Ce mémoire n'a pas l'ambition d'apporter réponse

à toutes les questions. Il présente quelques tentatives de solution à certains problèmes.

Ce travail se présente en six chapitres. Voici brièvement, l'objet de chacun d'eux.

Le traitement automatique du L.N. est communément rattaché à l'intelligence artificielle. Il convenait donc de voir ce qu'il se cache sous ce vocable ambitieux. C'est l'objet du premier chapitre.

Le chapitre II essaie de déterminer l'apport de la logique formelle pour la modélisation de la compréhension de la langue naturelle.

Les éléments linguistiques et autres et leurs relations, peuvent-ils être représentés par un langage du premier ordre ? Le mécanisme d'inférence de la logique des prédicats permet-il une relative compréhension d'énoncés en langue naturelle ?

La question centrale, à laquelle se sont attaqués les psychologues et les linguistes est celle du fonctionnement du langage naturel.

Les grammairiens analysent les productions de la langue pour en tirer des lois générales de bonne formation.

La syntaxe représente l'ensemble des règles qui commandent la combinaison des éléments linguistiques,



autrement dit la production d'énoncés. En ce sens elle est un modèle abstrait d'une langue.

Le chapitre III présente quelques théories syntaxiques et tâche de répondre aux questions suivantes :

- Sont-elles adéquates comme représentation de la syntaxe du L.N. ?
- Sont-elles susceptibles d'automatisation ?
- Dans quelle mesure offrent-elles une compréhension de la langue naturelle ?

Les énoncés en langue naturelle signifient quelque chose : ils réfèrent à une réalité plus ou moins complexe.

Les éléments linguistiques qui les composent sont signifiants et "lourds" de connotations<sup>o</sup>.

Les modèles sémantiques, présentés au chapitre IV, essaient de formaliser le langage naturel dans sa signification.

Cette formalisation est-elle adéquate ?

La "réalité" couverte par l'énoncé ou l'ensemble d'énoncés peut n'avoir de signification que par rapport à d'autres réalités.

Il faudrait pouvoir accéder à ces informations méta-linguistiques pour comprendre les énoncés de départ et donc pouvoir modéliser certaines situations

*ou réalités.*

*Le chapitre V aborde ce problème et présente un type de modélisation de situations stéréotypées.*

*Le sixième et dernier chapitre amorce une tentative de synthèse, dans l'optique d'un système informatique de questions / réponses.*

*Le mémoire comprend en plus un petit lexique où sont définis quelques termes employés dans le texte.*

*CHAPITRE I : INTRODUCTION A L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE*  
=====

## 1.1. Introduction

### 1.1.1. Justification du chapitre

Ce chapitre s'inscrit dans le propos de mon mémoire du fait que de nombreuses méthodes d'investigation linguistique automatique se réclament de l' "intelligence artificielle". D'autre part, celle-ci, par sa définition, s'approprie le sujet.

### 1.1.2. Objectifs

On s'attachera à démystifier cette notion en tâchant d'en donner une définition, quelques caractéristiques, les origines, les buts poursuivis et quelques domaines d'application.

Les termes employés ne jouissant pas d'une signification unique et inambigüe, je serai amenée à en discuter et préciser le ou les sens.

Ce chapitre se veut général et comme pour l'ensemble du mémoire, le point de vue sera critique.

### 1.1.3. Plan

Le paragraphe 1.2.1. donnera une définition de l' "intelligence artificielle" que le § 1.2.2. développera par une digression sur les concepts employés. Je m'en référerai au dictionnaire, à la psychologie et au "sens courant" (cela étant relativement subjectif puisque je ne tire pas mes conclusions d'une enquête linguistique mais de ma propre intuition).



Les termes, objets de la discussion, seront "intelligence" et "connaissance". Enfin je verrai le sens appliqué à ces mots dans un contexte d' "intelligence artificielle".

Le § 1.2.3. présente les principales caractéristiques de l' "intelligence artificielle" et les problèmes qui motivent ses recherches.

Le lecteur trouvera au § 1.2.4. un bref historique de l' "intelligence artificielle".

Le § 1.2.5. présentera les principaux domaines d'application de l' "intelligence artificielle".

Et enfin, le § 1.2.6. exposera brièvement quelques types de représentation de la connaissance.

## 1.2. "Intelligence artificielle"

### 1.2.1. Définition

"We might say that systems possess  
some degree of artificial  
intelligence"  
(principles of Artificial  
intelligence, Nil, J. Nilson)

"L'intelligence artificielle (désormais notée I.A.) est  
la branche de la science des calculateurs qui s'intéressent  
aux systèmes informatiques pseudo-intelligents, c.à.d.  
ayant les caractéristiques que nous associons à  
l'intelligence dans le comportement humain : compréhension  
du langage, raisonnement, apprentissage, résolution de  
problèmes"

(Handbook of Artificial intelligence, Pitman)

### 1.2.2. Concepts sous-jacents

Cette définition demande quelques digressions.

#### 1.2.2.1. L'intelligence

Dans l'Encyclopédie Larousse, on trouve au mot "intelligence" : "... Il n'y a pas une espèce d'intelligence, variable en degrés, mais, selon toutes probabilités, plusieurs sortes d'intelligence, qui varient selon les êtres et les espèces. Aussi a-t-on proposé (Thorndide) de distinguer au moins trois grands types d'intelligence : l'intelligence abstraite ou conceptuelle, caractérisée par l'aptitude à utiliser le matériel verbal et symbolique; l'intelligence pratique, qui se trouve à l'aise dans le concret, lorsqu'il faut manipuler les objets; l'intelligence sociale, enfin, qui implique la compréhension des êtres humains et la facilité à s'entendre avec eux..."

Les études psychologiques définissent l'intelligence par les capacités très variées qu'elle recouvre : abstraction, culture générale, adaptation rapide à de nouveaux environnements, créativité, raisonnement logique et analogique, etc.

L'intelligence n'est pas une notion simple. Les définitions données ne font que l'approcher. On s'en contentera cependant dans cet exposé car elles mettent suffisamment en lumière la complexité de cette notion et finalement notre ignorance à son propos.

Lorsqu'on parle d' "intelligence artificielle" (artificiel signifiant produit par le travail de l'homme et non par la nature), le terme intelligence semble



subir une réduction grossière. En effet, l'habilité de quelqu'un à "agir avec intelligence" y est décrite en termes de ses connaissances (Handbook of A. I., Principles of A. I.). Que faut-il savoir pour jouer aux échecs, analyser une structure modulaire, ... ?

#### 1.2.2.2. La connaissance .....

Qu'est-ce que la connaissance ? L'usage courant me ferait dire que c'est un ensemble de faits concernant les objets qui nous entourent. Le dictionnaire va plus loin dans sa définition : "faculté de connaître,..., notion, idée de quelque chose,..., discernement, compréhension, ... " (Encyclopédie Larousse), sens plus large qui rapproche "connaissance" d'intelligence.

Il est possible de structurer artificiellement cette notion en plusieurs types (étant entendu que cette structuration est une démarche intellectuelle pour mieux cerner une notion qui forme un tout, la classification donnée étant sujette à controverses).

Pitman, dans "The handbook of Artificial Intelligence", distingue 4 types de connaissance :

- le premier (déjà vu plus haut), se limite à la connaissance des objets qui nous entourent;
- le deuxième type est celui de la connaissance des actions et des événements, ce qui suppose une représentation d'une séquence temporelle et leur relation de cause à effet;
- Le troisième type, appelé performance, consiste dans le fait de savoir comment faire les choses;

- Le dernier type est la "méta-connaissance", c'est-à-dire la connaissance de ce que l'on sait : étendue et origine, importance relative de certains faits.

En I. A., lorsqu'on parle de connaissances, il ne s'agit pas seulement d'une collection de faits mémorisés mais aussi l'aptitude à les acquérir et à les utiliser.

### 1.2.3. Caractéristiques de l'I. A.

#### 1.2.3.1. Objet et objectif de la recherche en I. A.

Il découle, de ce qui précède, que l'objet essentiel des recherches en I. A. est la représentation de la connaissance. Et, compte tenu du sens appliqué à ce dernier terme, en I. A. une représentation de la connaissance est une combinaison de structures de données et de procédures d'interprétation.

La notion d'I. A. est née de la volonté d'automatiser certaines activités qui semblaient typiquement humaines comme de démontrer un théorème, utiliser le langage naturel, ..., activités dont le dénominateur commun semblait être l'utilisateur de l'intelligence.

#### 1.2.3.2. Le problème en termes de raisonnement et d'inférence

Le terme, I. A., désigne l'ensemble des méthodes conçues pour automatiser ces activités, chacune requérant une démarche particulière.

Ces domaines de recherche ont été regroupés sous le même vocable car des points communs ont pu être relevés.



Le premier, on l'a vu, est une conception de la connaissance (cfr. § 1.2.2.2.).

Le second trait commun réside dans le but global poursuivi : on voudrait qu'un système informatique puisse faire quelque chose dont il n'est pas explicitement dit comment il faut le faire. Le système devrait "raisonner" : tirer ce qui lui est nécessaire de savoir de ce qu'il sait déjà.

#### 1.2.3.2.1. Le raisonnement oooooooooooooooooooo

Précisons d'abord le sens du mot. Voici les définitions qu'en donne le dictionnaire : "Activité de la raison, la manière dont elle s'exerce. Suite de propositions liées les unes aux autres selon des principes déterminés, et aboutissant à une conclusion."

(Petit Robert)

Comme pour le terme "connaissance", on peut distinguer plusieurs types de raisonnement.

Les plus communément admis sont, il me semble, d'une part le raisonnement inductif, défini comme un "procédé de pensée par lequel on conclut de propositions prises comme prémisses à une proposition qui en résulte, en vertu de règles logiques" (id.); d'autre part le raisonnement inductif, défini comme "une opération mentale qui consiste à remonter des faits à la loi, de cas donnés à une proposition plus générale".(id.)

Pitman, dans "The handbook of A. I." (p 146) distingue 5 types de raisonnement :

- Le raisonnement formel qui consiste en une manipulation syntaxique de données pour en déduire de nouvelles, selon certaines règles.  
Ce premier type correspond à une formalisation du raisonnement déductif. Le meilleur représentant en est la logique mathématique.
- Le raisonnement procédural qui utilise un modèle.  
C'est le cas du programme qui pour effectuer des sommes, utilise un modèle procédural d'arithmétique. On peut s'étonner de trouver le fonctionnement d'un programme assimilé à un raisonnement. Je laisserai le lecteur décider du bien fondé d'une telle affirmation.
- Le raisonnement analogique qui conclut d'une ressemblance à une autre ressemblance, semble le plus naturel à l'homme.
- La généralisation et l'abstraction : le raisonnement d'un niveau supérieur qui suppose l'utilisation de la connaissance de ce qu'on sait.

Cette longue digression m'a paru nécessaire, d'abord pour ne pas s'abuser de mots ambigus et ensuite pour mettre en évidence quelques aspects.

Hormis le raisonnement procédural, les types présentés ci-dessus consistent en une exploitation d'affirmations connues pour aboutir à de nouvelles affirmations, autrement



dit, le raisonnement y est vu comme un mécanisme d'inférence.

#### 1.2.3.2.2. L'inférence oooooooooooooooooooo

Une inférence est "une opération logique par laquelle on admet une proposition en vertu de sa liaison avec d'autres propositions déjà tenues pour vraies" (Petit Robert).

La déduction est une inférence toujours valide.  
La notion d'inférence est une caractéristique des domaines d'application de l'I. A., en particulier lorsqu'il s'agit du langage naturel.

En effet, pour comprendre un texte ou un énoncé, nous faisons sans cesse des inférences : déductions à partir du contexte linguistique et non linguistique pour obtenir des informations implicites à l'énoncé ou pour lever une ambiguïté.

Quelques exemples pour illustrer cette notion :

(I) Lorsqu'un mot a deux sens possibles, celui que l'on gardera sera choisi par inférence au contexte.

(II) Soit le texte suivant :

"Samedi Pierre voulait manger des céréales. Il va au supermarché où, après avoir cherché, il prend du lait et le paie.

Revenu chez lui, il trouva le lait sûr."

Si l'on peut répondre à la question "pourquoi Pierre va-t-il au supermarché ?", c'est que l'on sait qu'en général, les céréales se mangent avec du lait et que l'on peut acheter du lait dans un

supermarché.

Ces informations ne figurent pas dans le texte.

Dans ce cas, il y a inférence.

Les recherches en I. A. s'orientent vers les différentes manières de décrire un "raisonnement" dans le but de créer des artifices d'intelligence et également dans le but de comprendre ce qu'est l'intelligence.

#### 1.2.4. Historique

Je me propose maintenant de retracer, brièvement, l'origine et l'évolution de l'I. A.

Elle trouve son origine dans le contexte intellectuel des années 30 où la logique mathématique a subi de rapides développements (depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle). Certains aspects du raisonnement peuvent être formalisés dans un cadre relativement simple (je reviendrai plus tard sur cette notion de formalisme).

La logique mathématique reste assez longtemps le centre d'intérêt de l'I. A., en partie parce que les systèmes logico-déductifs avaient été implantés avec succès sur des ordinateurs. Turing, parfois appelé le père de l'I. A., avait inventé un modèle simple, universel et non-numérique de calcul. Et c'est là l'essentiel à retenir : une conception abstraite du calcul comme traitement de symboles.

Parallèlement à ces travaux, on constate le développement des ordinateurs eux-mêmes.



*Il ne faut pas attendre longtemps pour voir des gens tâcher d'écrire des programmes qui "jouent aux échecs", "traduisent" des textes d'une langue dans une autre. Puisque l'ordinateur fonctionne suivant les étapes pas-à-pas qui lui sont données, la méthode doit être spécifiée dans les moindres détails. Mais comment les déterminer pour ces nouvelles activités ? Les étapes précises suivies par l'esprit humain sont inconnues : cette constatation marque le début de l'I. A. comme une branche séparée de la science des programmes.*

*Actuellement, l'I. A. se sépare en plusieurs groupes en fonction du domaine d'application. On essaie d'affiner la représentation de la connaissance et de trouver les règles d'inférence les plus adéquates.*

*De nombreux problèmes se posent comme l'étendue et le niveau de détails de la connaissance nécessaire pour obtenir le résultat voulu. En particulier : quelle part du monde peut être représentée dans un système ? Quels sont les détails des objets et événements actuellement nécessaires ?*

#### *1.2.5. Applications*

*Voici, brièvement, les quelques applications de l'I. A. (données par Pitman et Nils J. Nilson, cfr. bibliographie)*

- La démonstration de théorèmes qui requiert la possibilité de faire des déductions à partir d'hypothèses et*

demande une certaine intuition quant au choix du lemme à démontrer pour prouver l'ensemble du théorème et pour trouver le théorème intéressant à démontrer.

Il s'agit d'un travail sur la déduction logique.

- Le traitement du langage naturel pour un "dialogue" entre l'homme et la machine ou pour la traduction automatique d'une langue dans une autre qui suppose le "décodage" d'une langue et la génération d'une autre.
- Les systèmes experts qui peuvent être considérés comme un cas particulier de l'application précédente : un utilisateur peut dialoguer avec le système pour obtenir des informations sur un sujet particulier. On en trouve pour le diagnostic médical, les problèmes de chimie, de géologie,...
- Les jeux comme les échecs.
- La robotique : contrôle des mouvements physiques d'un robot qui suppose des techniques pour modéliser certains états de l'environnement physique et les changements de ces états.
- L'apprentissage : tentative de faire des programmes qui "apprennent" à partir d'exemples, à partir de leurs propres performances.
- La programmation automatique



### 1.2.6. Quelques types de représentation de la connaissance

On a vu que l'I. A. s'attache à une représentation de la connaissance, adéquate pour l'ordinateur, censée respecter le réel et susceptible d'utilisation.

Dans ce paragraphe, je verrai quelques représentations typiques de la connaissance (dans le sens défini en I. A.). Chacun de ces points fera l'objet d'un ou plusieurs chapitres. C'est la raison pour laquelle je ne donne ici qu'un bref résumé de ces méthodes sans les rattacher au traitement du langage naturel.

La classification que je propose n'est pas la même que celle que l'on trouvera plus loin. Je pars ici du concept d'I. A. tandis que dans les chapitres suivants, je me baserai sur une distinction plus adéquate au sujet général du mémoire.

#### 1.2.6.1. Calcul ou logique des prédicats du premier ordre

Le calcul des prédicats du premier ordre est une branche de la logique formelle étudiant une certaine classe de systèmes formels : les systèmes formels du premier ordre.

Le calcul des prédicats du premier ordre (L. P. P. O.) possède des règles d'inférences qui permettent de déduire de nouvelles affirmations à partir d'un ensemble d'affirmations données.

Les déductions sont garanties correctes. Elles sont entièrement spécifiées par des règles d'inférence. Le L. P. P. O. a été très populaire car la dérivation d'affirmations nouvelles à partir d'anciennes affirmations peut être mécanisée.

Il est possible de faire des assertions, à propos d'un domaine particulier, à l'aide d'expressions, appelées "formules bien formées", définies par une syntaxe.

#### *1.2.6.2. La représentation procédurale* .....

Il convient ici de faire la distinction entre une représentation déclarative (comme la logique des prédicats) et procédurale de la connaissance.

La première représente des aspects statiques de la connaissance : affirmations à propos d'objets, événements et leur relation.

La seconde représente l'aspect de la connaissance qui est de savoir comment utiliser les faits, comment trouver les faits adéquats, faire des inférences, etc.

Ainsi la connaissance à propos du monde est contenue dans des procédures (petits programmes qui savent comment faire des choses spécifiques, comment procéder dans des situations très précises). Les inférences sont contrôlées.



Exemple : la connaissance qu'un groupe nominal peut contenir article, adjectifs et nom est représentée dans un programme par des appels à des routines qui traitent les articles, les noms et les adjectifs.

Les systèmes procéduraux deviennent vite complexes. Ils sont difficiles à comprendre et à modifier.

#### 1.2.6.3. La représentation en réseaux sémantiques

Celle-ci consiste en noeuds représentant les objets, concepts et événements et en arcs reliant des noeuds, représentant leur relation.

Les affirmations utiles à propos d'un objet peuvent être inférées à partir des noeuds auxquels il est directement relié.

Exemple : l'affirmation suivante : "tous les oiseaux ont des ailes" sera représentée par :

OISEAU  $\vec{A}$  AILES

#### 1.2.6.4. La représentation en "cadres" ou "frames"

C'est une structure de données qui inclut l'information déclarative et procédurales.

Un "frame" représente une situation stéréotypée (qui peut être la composition habituelle d'un bureau, un dîner au restaurant,...). Il est composé de termi-  
naux qui représentent un objet ou un événement.

*Dans l'exemple du bureau, on aura des terminaux pour les murs, chaises, ... Pour le dîner au restaurant les terminaux décriront les actions d'entrer, s'asseoir, commander, ...*

*Chaque "frame" pointe vers d'autres frames qui décrivent la même chose mais d'un autre point de vue. (un restaurant typique, la pièce "vue" d'un angle particulier).*

CHAPITRE II : LOGIQUE FORMELLE ET TRAITEMENT  
=====

DU LANGAGE NATUREL  
=====



## 11.1. Introduction

### 11.1.1. Objectif du chapitre dans l'objectif général du mémoire

Ce n'est pas un problème nouveau que celui des rapports de la langue et de la logique. D'abord parce que la langue présente des aspects logiques, ensuite parce que, dans le souci de formaliser les théories qu'il énonce, le linguiste s'en réfère à cette science.

Au chapitre I, on a vu que l'intelligence artificielle s'intéresse à la représentation de la connaissance: le problème qui m'occupera dans ce chapitre est celui de la représentation du langage et en particulier de l'utilisation de la logique formelle pour cette représentation.

Ce formalisme est-il adéquat ?

C'est la question à laquelle je tâcherai de répondre dans ce chapitre.

### 11.1.2. Plan du chapitre

La première partie, le § 2.2. rappelle quelques généralités sur la logique formelle : origine, définitions, logique des propositions et logique des prédicats.

Le § 2.3. approfondit la logique ou calcul des prédicats du premier ordre.

Enfin le § 2.4. présente une critique de cette logique appliquée au langage naturel.

## II.2. Logique formelle

### II.2.1. Origine

L'intérêt porté à la nature du raisonnement et de la connaissance remonte aux philosophes grecs de l'Antiquité. La logique formelle est fondée par Aristote (348 - 322 avant J.C.). Elle étudie les éléments du discours : concepts, jugements, raisonnements.

Cette préoccupation se retrouve dans les travaux de Boole, De Morgan, Frege, Russel et autres.

### II.2.2. Définition

Sous l'impulsion de ces chercheurs s'est développée la logique moderne qui se définit comme la discipline scientifique du raisonnement.

Par "logique" on peut entendre :

"l'ensemble des principes et des modalités formelles de la pensée rationnelle ou "objectuelle", c.à.d. se rapportant à la "réalité" considérée dans son objectivité" (Eugenio Coseriu, "Modèles logiques et niveaux d'analyse linguistique", p 15).

et si l'on considère la pensée en tant que pensée exprimée, cette logique devient

"la discipline qui étudie les principes et les modalités formelles du discours qui affirme ou qui nie quelque chose à propos d'une "réalité" quelconque, c. à. d. du discours qui peut être vrai ou faux et dont l'unité de base est



l'assertion (positive ou négative) ou en termes de pensée, le "jugement". (idem, p. 16).

Aussi la logique moderne se donne un domaine d'interprétation (la "réalité" en question). Ce domaine pourrait être l'ensemble des nombres entiers. Un ensemble d'axiomes (propositions admises sans démonstration) sont énoncés à propos du domaine. Des affirmations ou jugements sont émis sur le domaine, elles sont mises sous une forme particulière, définie par un langage.

La logique formelle se présente comme un procédé pour faire des inférences dont la caractéristique essentielle est que les déductions sont garanties correctes. L'ensemble des inférences que l'on peut tirer d'affirmations est entièrement spécifié par des règles d'inférence.

La logique a élaboré le concept de "système formel", qui se définit par les points suivants :

1. l'alphabet des symboles utilisés.
2. la manière dont ces symboles sont combinés pour former des expressions légitimes (ou langage)
3. des axiomes
4. des règles d'inférence qui déterminent ce qui peut être inféré, si certains axiomes sont pris pour vrais.



### 11.2.3. Logique des propositions et logique des prédicats

En logique des propositions, une affirmation, formulée correctement, a une des deux valeurs : vrai ou faux, sans référence au sens. Une proposition est ce qui peut avoir une de ces deux valeurs.

Pour combiner des propositions simples, on utilise des connexions. Les plus communément employées sont les suivantes :  $\wedge$  (et),  $\vee$  (ou),  $\neg$  (non),  $\rightarrow$  (implique),  $\equiv$  (équivalent à)

Une table de vérité donne la valeur obtenue pour la combinaison de deux affirmations.

Les combinaisons syntaxiques des affirmations et des connexions permettent de construire des phrases de logique propositionnelle.

Exemple :  $(X \rightarrow (Y \wedge Z)) \equiv ((X \rightarrow Y) \wedge (X \rightarrow Z))$

Des règles d'inférences permettent la déduction de nouveaux énoncés à partir d'anciens.

Exemple : "Si l'on sait que  $X$  est vrai et  $X \rightarrow Y$ , vrai également, alors on peut inférer que  $Y$  est vrai."

Le calcul des prédicats est une extension des notions de la logique des propositions. Il provient du besoin d'exprimer non seulement le caractère vrai ou faux de propositions mais aussi de parler d'objets, de faire des relations entre ces objets et de généraliser ces relations à d'autres classes d'objets.

La logique des prédicats est utilisée pour représenter des affirmations faites à propos d'objets, pour eux-mêmes ou dans leurs relations avec d'autres. Ces affirmations sont appelées des prédicats.

Un prédicat est appliqué à un nombre spécifique d'arguments et prend la valeur vrai ou faux en fonction des objets utilisés comme arguments.

Exemples (1) un prédicat à deux places : la relation "plus grand que".

(2) dans l'énoncé "SOCRATE est mortel"

"est mortel" est le prédicat appliqué à l'argument "SOCRATE".

La logique des prédicats garde les connexions et ajoute deux notions par rapport à la logique des propositions : les variables et les quantificateurs ("pour tout" et "il existe").

### II.3. Logique ou calcul des prédicats du premier ordre.

#### (L.P.P.O.)

Le calcul des prédicats du premier ordre appartient à la logique formelle. Initialement utilisé pour restructurer les mathématiques, il est rapidement utilisé pour faire des raisonnements logiques automatiques.



### 11.3.1. Le langage

L'alphabet du L.P.P.O. se compose des éléments suivants :

- 1) les signes de ponctuation : , ( )
- 2) les symboles logiques :  $\wedge$ ,  $\vee$ ,  $\neg$ ,  $\rightarrow$
- 3) les fonctions :  $f_i^n$ , à  $n$  places  
 si  $n = 0$ ,  $f_i^0 =$  constante  
 notation : lettres minuscules.
- 4) prédicat :  $p_i^n$ , à  $n$  places  
 si  $n = 0$ ,  $p_i^0 =$  symbole proportionnel  
 notation : lettres majuscules
- 5) les quantificateurs :  $\forall$  et  $\exists$ .

Le langage du L.P.P.O. se compose des expressions suivantes :

- 1) les termes : a) toute constante est un terme  
 b) si  $t_1, \dots, t_n$  ( $n \geq 1$ ) sont des termes alors  $f_i^n(t_1, \dots, t_n)$  est un terme.
- 2) les formules atomiques  
 a) un symbole propositionnel est une formule atomique.  
 b) si  $t_1, \dots, t_n$  ( $n \geq 1$ ) sont des termes, alors  $p_i^n(t_1, \dots, t_n)$  est une formule atomique.
- 3) les formules bien formées (notation courante : wff de l'anglais well-formed-formule)  
 a) une formule atomique est une wff  
 b) si  $A$  est une wff, alors  $A$  l'est aussi



c) si  $A$  et  $B$  sont des wff, alors

$(A \vee B)$ ,  $(A \wedge B)$ ,  $(A \rightarrow B)$ ,  $(A \equiv B)$

le sont aussi.

### II.3.2. L'interprétation.

Le langage est utilisé pour faire des affirmations à propos d'un domaine particulier  $D$  :

à chaque constante on associe un élément de  $D$ ;

à chaque symbole de fonction on associe une fonction sur  $D$ ;

à chaque symbole de prédicat on associe une relation parmi les éléments de  $D$ .

La spécification du domaine et ces associations constituent une interprétation.

Pour une interprétation donnée on peut donner une valeur (vrai ou faux) à chaque formule atomique par le procédé suivant : si les termes du prédicat correspondent à des éléments de  $D$ , qui satisfont la relation associée, alors la valeur pour la formule atomique est vraie, sinon fausse.

Exemple : Soit la formule atomique  $P(a, f(b, c))$  et l'interprétation suivante :

$D$  = ensemble d'entiers

$a = 2$

$b = 4$

$c = 6$

$f$  = fonction d'addition

$p$  = la relation ' $>$ '

Avec cette interprétation, la formule atomique affirme que 2 est plus grand que la somme de 4 et 6.

Dans ce cas, l'affirmation est fausse et on dit que  $P(a, f(b, c))$  a valeur "faux" pour cette interprétation.

Les valeurs des formules composées sont déterminées à partir des valeurs de leurs composants.

Si une wff a valeur vrai pour toutes les interprétations elle est valide.

Si la même interprétation donne la valeur 'vrai' pour chaque wff dans un ensemble de wff, on dit que cette interprétation satisfait l'ensemble des wffs.

Une wff  $w$  découle logiquement d'un ensemble  $s$  de wff si chaque interprétation, satisfait  $s$ , satisfait aussi  $w$ .

Un ensemble de  $w$  ne pouvant être satisfait par aucune interprétation est dit non-satisfaisable.

Donc si  $S \cup \{\neg w\}$  est non-satisfaisable, alors  $w$  découle logiquement de  $S$ .

### 11.3.3. Le principe de résolution.

Le principe de résolution a été créé pour automatiser le L.P.P.O. Son application est limitée à des formules mises sous la forme particulière de clauses (définies plus loin).

Je ne donnerai pas ici toutes les étapes du principe de résolution. Je me contenterai des lignes générales.



Au § 2.4.1.2. on verra l'application de ce principe à un exemple du langage naturel.

Quelques définitions sont nécessaires.

- Un littéral est une formule atomique (cfr langage du L.P.P.O.) ou la négation d'une formule atomique.
- Une clause est une disjonction de littéraux où les variables sont quantifiées universellement (les quantificateurs sont donc supprimés).
- Si  $A$  est une formule atomique alors les deux littéraux  $A$  et  $\neg A$  sont complémentaires :  $A$  étant le littéral positif et  $\neg A$ , le littéral négatif.
- Soit  $w$  une formule bien formée qui contient une variable  $v$ .

Soit un terme  $t$

On appelle instance de  $w$ , la wff obtenue en substituant chacune des occurrences de  $v$  par le terme  $t$ . Cette instance est notée  $w\{(t, v)\}$ . De même, si on remplace toutes les occurrences des variables  $v_1, v_2, \dots, v_n$  ( $v_i \neq v_j, 1 \leq i, j \leq n$  et  $i \neq j$ ) respectivement par les termes  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , on obtient  $w\{(t_1, v_1), \dots, (t_n, v_n)\}$ .

- Une substitution est un ensemble ordonné de paires,  $\sigma = \{(t_1, v_1), \dots, (t_n, v_n)\}$ , dont le premier élément est un terme et le second une variable, telle que  $v_i \neq v_j$  et  $t_i \neq v_j$ .



Le résultat de l'application de  $\sigma$  à une wff  $C$ ,  $C\sigma$ , est l'instance  $C\{(t_1, v_1), \dots, (t_n, v_n)\}$ .

- Soit  $\mathcal{C} = L_1, \dots, L_n$ , un ensemble de littéraux.

$\mathcal{C}$  est unifié par  $\sigma$  ssi  $L_1\sigma = L_2\sigma = \dots = L_n\sigma$ .

Le principe de résolution est une règle d'inférence qui permet de déduire de deux classes  $C_1$  et  $C_2$ , une nouvelle clause résolvante.

La première étape consiste à mettre les deux énoncés sous forme de clause par l'application des règles logiques et de substitution. On détermine une substitution  $\sigma = \{(t_1, v_1), \dots, (t_n, v_n)\}$  où  $v_1, \dots, v_n$  sont des variables de  $C_2$ , de telle sorte que  $C_1$  et  $C_2$  n'aient plus de variables en commun. Soient deux littéraux  $L_1 \in C_1$  et  $\neg L_2\sigma \in C_2$ , l'ensemble  $\{L_1, \neg L_2\sigma\}$  est unifiable. On obtient ainsi deux clauses  $C_1$  et  $C_2$ , contenant l'une le littéral positif  $L$  et l'autre le littéral négatif  $\neg L$  d'une paire complémentaire.

La règle d'inférence consiste à produire, à partir de  $C_1$  et  $C_2$ , la résolvante en prenant la disjonction de l'ensemble des littéraux de  $C_1$ , moins  $L$ , et l'ensemble des littéraux de  $C_2$ , moins  $\neg L$ .

#### II.4. L.P.P.O. et langage naturel

##### II.4.1. Préliminaires

Communiquer avec un ordinateur requiert un langage hautement formalisé; définitions sans ambiguïtés, totalement explicites, ne laissant aucune place à l'interprétation, mots n'ayant pas d'autre valeur que celle

de leur définition, l'intuition ne jouant aucun rôle. On pourrait dire que formaliser une notion, c'est en donner une description telle que tous ceux à qui elle s'adresse soient d'accord sur sa signification.

Le langage par excellence de la formalisation est le langage mathématique caractérisé par le fait que dans ce langage, chaque mot n'a pas d'autre valeur que celle qui figure dans sa définition, celle-ci étant totalement explicite.

Or, dans la langue courante, un mot a bien d'autres valeurs ; philosophique, historique, sentimentale, ...

Malgré cela, on a pensé au L.P.P.O. pour formaliser la langue naturelle (cfr CARNAP, MONTAGNE dans la bibliographie). Cela implique une "réduction" du contenu sémantique de la langue naturelle.

#### II.4.2. Formalisation du langage naturel au moyen du L.P.P.O.

##### II.4.2.1. Représentation

On a vu au § 2.3.2. qu'une interprétation consiste à établir une correspondance entre les éléments du langage du L.P.P.O. et les éléments d'un domaine  $D$  et à attribuer une valeur, vrai ou faux aux formules atomiques obtenues.

Si l'on veut représenter un ensemble d'énoncés en langage naturel par la logique des prédicats, il faut décider de la manière



de représenter les concepts de ces énoncés, par des éléments de  $D$  ou des fonctions ou des prédicats sur  $D$  de façon à représenter chaque énoncé par une formule du langage du premier ordre.

L'interprétation consistera à associer à chaque entité d'un énoncé, un symbole de constante et à chaque relation de l'énoncé, un symbole de prédicat.

Exemple : (1) : pour représenter la relation entre "la personne qui écrit" et "ce qui est écrit" dans la phrase "VOLTAIRE a écrit 'Candide'", on utilise le prédicat, "écrire".  
 ECRIRE (VOLTAIRE, CANDIDE), VOLTAIRE et Candide étant les constantes.

Exemple ; (2) : la phrase "Fido est un chien" peut être représentée par CHIEN (FIDO).

Dans ces exemples, les formules atomiques auront la valeur VRAI pour ces interprétations.

Une même phrase peut être représentée de plusieurs manières.

Exemple : (3) : la phrase "la maison est rose" peut être représentée par un prédicat

- à un terme : ROSE (MAISON)
- à deux termes : COULEUR (MAISON, ROSE)
- à trois termes : VALEUR (COULEUR, MAISON, ROSE)

Il faut donc préciser quels éléments du langage L.P.P.O. seront utilisés et ce qu'ils signifient.



Exemple : (4) : la phrase : "le lieu de naissance de Pierre  
est GOSSELIES"

aura pour interprétation :

GOSSELIES (LIEU DE NAISSANCE (PIERRE))

où LIEU DE NAISSANCE (Pierre) est une

fonction qui donne pour valeur : GOSSELIES.

L'usage des connecteurs et quantificateurs permet de  
représenter des énoncés plus complexes.

Exemple : (5) : "tout homme est mortel" peut avoir

l'interprétation suivante :

$(X) (HOMME (X) \rightarrow MORTEL (X))$ , où "X"  
est une variable.

Exemple : (6) :  $DIEU (a) \wedge HOMME (a)$  signifie :

a est à la fois Dieu et homme, où "a"  
est une constante.

#### 11.4.1.2. Application du principe de résolution sur des énoncés en langue française

Soient les énoncés en langue naturelle :

(1) Paul, en son for intérieur, a critiqué Pierre.

(2) Quand une personne critique une connaissance  
en présence de quelqu'un il ne critique personne  
en présence de la connaissance.

La déduction que l'on peut faire à partir de ces deux  
phrases, est :

(3) Il est faux de dire que Paul a critiqué quelqu'un  
devant Pierre.

# I. Choix de représentation

$D$  : ensemble de personnes

constantes  $a = \text{Paul}$ ;  $d = \text{Pierre}$

prédicat  $P$  : acritiqué

où  $P(x,y,z)$  est vrai ssi  $x$  a

critiqué  $y$  en présence de  $z$

d'où l'énoncé (1) devient  $P(a,d,a)$  (1')

l'énoncé (2) devient  $\forall x, \forall y, \forall z$

$P(x,y,z) \rightarrow \forall w \neg P(x,w,y)$  (2')

# II. Mise sous forme et clause des formules (1') et (2').

a) (1') est inchangé :  $P(a,d,a)$  (1'')

(2') subit plusieurs transformations :

- en vertu des règles logiques :

a)  $(\neg w_1 \rightarrow w_2) \equiv (w_1 \vee w_2)$

b)  $A \equiv \neg(\neg A)$

- en supprimant les quantificateurs universels,

(2') devient :  $\neg(\neg P(x,y,z)) \rightarrow (\neg P(x,w,y))$

puis :  $(\neg P(x,y,z)) \vee (\neg P(x,w,y))$  (2'')

# III. On applique à (2''), la substitution

$\sigma = \{(a,x), (d,y), (a,z)\}$  (2'') devient

$(\neg P(a,d,a)) \vee (\neg P(a,w,d))$  (2''')

Les deux littéraux  $L_1 = P(a,d,a) \subset (1'')$  et

$L_2 \sigma = \neg P(a,d,a) \subset (2''')$  sont unifiés par  $\sigma$

car  $L_1 \sigma = P(a,d,a) = \neg(L_2 \sigma) = \neg(\neg P(a,d,a))$

On obtient deux clauses contenant (1'') le littéral positif et (2'') le littéral négatif d'une paire complémentaire :  $P(a,d,a)$  et  $\neg p(a,d,a)$ .

La disjonction de (1''), moins  $P(a,d,a)$ , et de (2'') moins  $\neg P(a,d,a)$ , donne :

$$\underline{\neg p(a,w,d)} \quad (3)$$

qui, en fonction du choix de représentation donné en I, se lit : c'est faux que Paul a critiqué w en présence de Pierre, ce qui correspond à la déduction attendue.

### II.4.3. Critique

#### II.4.3.1. Critique générale.

Dans son ouvrage "Computational Semantics", CHARNIAK suggère cinq questions à se poser pour juger si un formalisme est applicable au langage naturel. Je baserai ma critique sur les réponses qu'offre L.P.P.O. à ces questions.

- 1) La représentation sémantique : quels concepts et quelles combinaisons de ces concepts sont-ils nécessaires pour représenter :
  - a) la connaissance que nous portons au langage,
  - b) le contenu sémantique du langage naturel lui-même ?

L.P.P.O. ne répond rien au point a) de la



question. Il propose son langage pour représenter le contenu sémantique. Le problème avec L.P.P.O. comme représentation de données est son manque d'organisation des faits. Il n'est pas toujours facile de sélectionner les formules et règles de déduction nécessaires à un fait spécifique. Le L.P.P.O. ne propose pas de méthode pour choisir la façon de faire des inférences. Ce n'est pas son objectif. Ce point a fait l'objet de diverses améliorations ou particularisations du principe de résolution.

- 2) Dans quelles circonstances et pour quelles raisons faisons nous des inférences ?  
Est-ce quand une question est posée, quand une nouvelle information arrive, quand il y a un besoin spécifique ?

L'idée générale du L.P.P.O est que l'on ne peut faire des inférences que quand une question est posée.

D'une manière générale, le nombre d'inférences nécessaires sera fonction du degré de complexité linguistique de l'opération demandée. Si l'on envisage un système de questions / réponses qui accepte des informations et des questions en langage naturel et répond de même, on peut limiter les inférences au moment où une question est posée et éliminer toutes

celles qui peuvent être faites au moment où le système accepte une information, autrement dit au "temps de lecture". L'avantage de ceci est de limiter le nombre d'inférence. Mais cela suppose de pouvoir postposer certaines inférences et donc de mémoriser ce qui a été lu à un niveau de détails suffisant. On s'éloigne déjà d'un L.P.P.O. pur.

3) L'organisation : comment localise-t-on l'information nécessaire quand on veut faire une inférence ?

Pas de réponse dans L.P.P.O.

Quand on veut introduire une nouvelle affirmation, rien ne dit quelles sont les affirmations qu'il faut utiliser pour valider la nouvelle. Si l'on essaie toutes les combinaisons, on obtient un nombre énorme de possibilités. Ce phénomène connu sous le nom d'explosion combinatoire, n'est pas propre à L.P.P.O. mais particulièrement aigu avec celui-ci étant donné sa propriété de complétude : chaque

*vérité exprimée en L.P.P.O. peut être prouvée. Comme pour le point 1), des tentatives d'améliorations vont dans le sens d'une meilleure organisation.*

*4) Le mécanisme d'inférence : quand les informations nécessaires sont localisées, sait-on ce qu'on doit en faire ?*

*Oui. L.P.P.O. est avant tout un mécanisme d'inférence. Pour produire une nouvelle affirmation à partir d'anciennes il n'y a qu'une seule chose à faire : les résoudre ensemble.*

*5) Le contenu : quelle est la connaissance du monde nécessaire pour comprendre le langage naturel ?*

*L.P.P.O. n'en dit rien.*

#### *II.4.3.2. Remarques.*

*a) Les inférences effectuées par le L.P.P.O. sont garanties correctes, à condition bien sûr que les affirmations utilisées soient vraies et que le domaine d'interprétation (un ensemble d'énoncés) soit adéquat.*

*Or il est possible que , dans un texte en langage naturel, certains énoncés soient contradictoires, ce qui*



*n'empêche pas le lecteur de faire les "bonnes inférences".  
Le programme utilisant le L.P.P.O. réfutera une affirmation  
en contradiction avec les clauses déjà connues.*

*Exemple : Soit le texte suivant, composé de cinq phrases :*

- (1) Aujourd'hui c'est l'anniversaire de Bertrand.*
- (2) Anne et Alice sont des amies de Bertrand.*
- (3) Elles vont au magasin.*
- (4) Elles ont un cadeau à acheter.*
- (5) Elles avaient décidé de fabriquer un cadeau  
et avaient besoin de colle au magasin.*

*Pour faire les inférences nécessaires, un certain  
nombre de définitions générales doivent être connues  
de l'ordinateur.*

- (a) Quand c'est l'anniversaire d'une personne, ses  
amis lui offrent un cadeau.*
- (b) Au magasin on achète des objets, par exemple  
des cadeaux.*
- (c) Quand on fabrique un cadeau, on ne l'achète  
pas au magasin.*
- (d) Quand on a quelque chose à acheter, on va  
l'acheter au magasin.*

*La contradiction se situe entre les phrases (4) et  
(5) du texte.*

*L'inférence désirée est ;*

- (6) Anne et Alice vont acheter de la colle au  
magasin pour fabriquer un cadeau à offrir à  
Bertrand dont c'est l'anniversaire.*

Le principe de résolution peut être appliqué comme suit :

- de (1) et (a) , on déduit (1') Les amis de Bertrand vont lui offrir un cadeau
- de (1') et (2) , (2') Alice et Anne vont offrir un cadeau à Bertrand.
- de (3) et (b) , (3') Alice et Anne vont acheter quelque chose, par exemple un cadeau.
- de (4) et (2) , (4') Alice et Anne vont acheter un cadeau au magasin.
- de (5) et (c) , (5') Alice et Anne ne vont pas acheter un cadeau au magasin.

L'inférence (5') est en contradiction avec (4') et sera refusée.

b) La plupart des énoncés sont difficiles à représenter dans le L.P.P.O.

Exemple : L'énoncé "Pierre aime Marie" est facilement représentable : *AIMER* (*PIERRE*, *MARIE*),  
 Mais si la phrase "Paul pense que Pierre aime Marie" est représentée par *PENSER* (*PAUL*, *AIMER* (*PIERRE*, *MARIE*)), la formule obtenue n'est pas légale en L.P.P.O. (un prédicat ne peut être argument d'un autre prédicat ).



#### II.4.4. Conclusion

Le L.P.P.O. a l'avantage d'offrir à la fois une représentation (les formules), et une méthode pour inférer de nouvelles affirmations.

Mais le manque d'organisation des faits est un problème sérieux.

Dans les exemples vus, la traduction a été faite 'à la main'. Si l'on songe à élaborer un système et questions / réponses, il faut pouvoir fixer des règles permettant de traduire des énoncés en langue naturelle par des formules. Le but de la formalisation est alors de mémoriser des connaissances et de réaliser un système capable de tirer des conclusions de ces connaissances.

Si on a un ensemble d'énoncés en langue naturelle, décrivant une certaine "réalité", il n'est pas évident que cette réalité puisse être mise sous la forme d'un ensemble d'objets ou notions ( $D$ ), de fonctions sur ces objets et de prédicats sur ces objets.

Le L.P.P.O. dans sa forme pure n'est pas adéquat pour représenter tous les énoncés du langage naturel, il faudrait s'éloigner beaucoup de ce modèle pour le rendre efficace. (à ce propos cfr Chap. IV).

Mais il n'est pas impossible, à priori, de le "combinaison" avec d'autres méthodes qui offrent une méthode d'analyse des énoncés en langue naturelle (en vue de la traduction de ces énoncés) et qui soient moins restrictifs.



*CHAPITRE III : METHODES SYNTAXIQUES*  
=====

### III.1. Introduction

#### III.1.1. Justification du chapitre

##### III.1.1.1. Dans l'ensemble du travail

L'objectif général du mémoire est de faire un inventaire critique de ce qui s'est fait et se fait dans le traitement automatique du langage naturel. Ce traitement comporte deux aspects : la compréhension du langage naturel et la production d'énoncés en langage naturel.

Les théories présentées sont critiquées d'une part comme modèle du langage naturel (le modèle doit rendre compte de la réalité du langage tel qu'il est perçu - parlé et compris - par les auteurs) et d'autre part comme modèle susceptible d'une automatisation.

Ce chapitre présente des 'théories linguistiques' qui veulent expliquer les mécanismes de la langue naturelle. (ce qui manquait au L.P.P.O. cfr le §11.4.4.

##### III.1.1.2. Par rapport au deuxième chapitre.

On a essayé d'utiliser le L.P.P.O. pour formaliser le langage naturel (cfr CARNAP et MONTAGNE dans la bibliographie). Mais ce formalisme est inadéquat à rendre compte du langage naturel (cfr Chapitre I). En effet, le L.P.P.O. offre un langage et un mécanisme d'inférence mais pas d'analyse des énoncés en langue naturelle (composition <sup>dé</sup> des énoncés en leurs

éléments).

Les "méthodes syntaxiques" offrent une analyse du langage naturel.

Les démarches semblent donc complémentaires; la décomposition des énoncés en leurs éléments de façon à obtenir une structure. Il faudrait alors un système pour passer de cette structure au L.P.P.O.

### III.1.2. Plan du chapitre.

Ce chapitre présente 3 grammaires dont la caractéristique commune est de s'intéresser, exclusivement ou en priorité, à l'aspect syntaxique d'une langue.

Le § 3.2. expose quelques généralités sur ces grammaires.

Le § 3.3. présente et critique une grammaire context-free : la grammaire syntagmatique.

Le § 3.4. présente les deux versions de la grammaire transformationnelle et les critiques.

Le dernier § présente la grammaire des réseaux de transition augmentés et la critique également.

## III.2. Grammaires génératives : généralités

### III.2.1. Origine : le structuralisme

Ces grammaires s'inscrivent dans le contexte général du structuralisme.

Il s'agit d'une conception selon laquelle des catégories de faits observables (psychologiques, anthropologiques, linguistiques, ...) forment un ensemble de



phénomènes solidaires où chacun dépend des autres et est appréhendé dans les relations qu'il établit avec les autres. Le terme apparaît en 1945 et désigne également la théorie selon laquelle l'étude d'un ensemble de faits doit envisager l'organisation de ces faits et en dégager les structures (disposition des parties dans l'ensemble).

Le structuralisme a une perspective fonctionnelle : dégager la fonction particulière d'un phénomène dans le fonctionnement global d'un ensemble.

Cette conception est-elle vraiment nouvelle ? L'astronomie s'intéresse à la structure de l'univers, la biologie essaie de dégager la structure des tissus vivants, ... En fait, le terme très récent de structuralisme s'applique aux "sciences humaines"; disciplines parmi les plus anciennes. En quoi cette conception se différencie-t-elle des conceptions anciennes ? Et si celles-ci étaient si inadéquates comment expliquer qu'il ait fallu attendre le XX<sup>e</sup> Siècle pour nous ouvrir les yeux ?

Un fragment de réponse à la première question serait que, d'une façon générale les structuralistes s'opposent à la conception taxinomique qui consiste à observer et à classer les faits et proposent une conception qu'ils qualifient de théorique qui veut non seulement décrire mais expliquer (cette affirmation sera discutée plus loin).

Par ailleurs les "sciences humaines" sont assez

*marginales par rapport aux autres disciplines, par l'objet souvent peu cernable de leurs recherches.*

*Ce sont les linguistes américains qui introduisirent le structuralisme en linguistique.*

### III.2.2. Objectifs généraux

*Les linguistes, à l'origine des théories génératives avaient pour but de reformuler la grammaire, en opposition à la grammaire traditionnelle, jugée inadéquate pour rendre compte de la totalité des phrases d'une langue. Ils veulent donner de la langue un modèle à la fois descriptif et explicatif.*

*Cette reformulation peut constituer un but en soi pour le linguiste. Elle est intéressante à développer car elle repose sur des présupposés dont certains justifient la possibilité d'automatiser la langue naturelle.*

### III.2.3. Présupposés et objectifs particuliers

*Plusieurs idées de base vont motiver la recherche linguistique.*

*La première est que toutes les phrases d'une langue peuvent être générées à partir d'un nombre fini de règles fixées une fois pour toutes.*

*La deuxième est que tout ce qui concerne la signification est exclu (nous verrons que cette position ne résistera pas longtemps, que très vite on assistera à un*



retour à la sémantique).

La troisième est que la complexité des langues n'est qu'un phénomène apparent. Les langues sont des systèmes organisés, extrêmement réguliers, avec des lois qui commandent leur fonctionnement.

Enfin, il existe des universaux du langage : Si les langues obéissent chacune à des lois particulières, elles obéissent aussi à des lois communes, universelles, ce que CHOMSKY appelle les "universaux du langage".

Ces idées sont celles du linguiste N. CHOMSKY, à la base du mouvement générativiste.

Les objectifs qui découlent de ces présupposés : le modèle devra expliquer le fonctionnement des éléments linguistiques, la régularité de chaque langue, les universaux du langage.

La formulation sera telle qu'elle se définira comme un algorithme capable de générer des phrases correctes.

Mais rien ne dit qu'un tel algorithme puisse exister.

#### III.2.4. Compétence et performance

CHOMSKY introduit quelques concepts pour expliquer le phénomène du langage.

Apprendre à parler consiste pour l'enfant à interioriser les règles du mécanisme de la langue qui l'environne. Ce qui ne veut pas dire que lorsqu'il parlera, il utilisera toujours de façon parfaite ces règles.

Pour rendre compte de ce phénomène, CHOMSKY a introduit



*les notions de compétence et de performance.*

*La première se définit comme "la connaissance que le locuteur-auditeur a de sa langue" (CHOMSKY, 65) et la seconde comme "l'utilisation réelle, dans des situations concrètes de la compétence" (CHOMSKY, 65)*

*Si la compétence, la possession du mécanisme linguistique, est théoriquement la même pour tout le monde, la performance c'est-à-dire l'actualisation de ce phénomène, varie d'un sujet à l'autre et dépend de nombreux facteurs comme l'attention, la fatigue, l'émotivité, la situation socio-culturelle du locuteur, le type de conversation, l'endroit, etc.*

*Une autre caractérisation de la compétence est la suivante : non seulement nous possédons implicitement le mécanisme du langage, mais nous sommes "à tout moment capables d'émettre spontanément, ou de percevoir et de comprendre, un nombre infini de phrases que, pour la plupart nous n'avons jamais ni prononcées, ni entendues." (CHOMSKY, 67)*

*Ce qui fait du mécanisme du langage un mécanisme "créateur". Créativité particulière, gouvernées par des règles, qui nous permet par l'application des règles de grammaire, de créer une infinité de phrases. Cela est possible grâce à une propriété particulière des règles du langage : la récursivité.*

*Vu sous cet angle, la compétence est considérée comme*

un mécanisme fini (formé d'un nombre limité de règles) capable d'engendrer un nombre infini de phrases.

### III.2.5. Grammaticalité et interprétabilité

On combine les sons pour former des mots et les mots pour former des phrases, ces combinaisons obéissant aux règles de la grammaire.

Exemple : règle de la grammaire française :

La négation est composée de deux mots "ne" et "pas" qui entourent le verbe aux temps simples et l'auxiliaire aux temps composés.

"Pierre ne vient pas"

"Pierre n'est pas venu"

Si on ne respecte pas ces règles, on fait des phrases agrammaticales. Les notions de "grammaticalité" et "d'agrammaticalité" sont parfois difficile à cerner.

Si la phrase suivante ne laisse aucun doute :

"Je n'ai pas apporté le petit déjeuner à ma femme dans sa chambre."

La phrase suivante :

"Je ne le lui y ai pas apporté"

est un cas plus douteux en ce sens que sa compréhension exige le recours explicite aux règles de grammaire. La phrase est grammaticale du point de ces règles mais est manifestement imprononçable.

A ces notions s'ajoutent celles d'interprétabilité et d'ininterprétabilité.



Quelques exemples illustreront ces notions mieux qu'une définition

a) "Pierre aime le chocolat!"

Phrase grammaticale et interprétable

b) "Paul, dont l'ami dont le frère boit est ivre  
a mangé le chocolat".

Phrase grammaticale mais ininterprétable

c) "Maman, donne non chocolat bébé"

c') "Pauka qu'est parti ? Pauka qu'est pa là ?  
Pauka qu'a pas mazé avé nous ?"

[Y. TARDIEU, Théâtre de chambre, Gallimard  
1966, p. 173]

Phrases agrammaticales mais interprétables.

d) "chocolat le avais être"

Phrase agrammaticale et ininterprétable.

La phrase b) respecte les règles de la grammaire mais est ininterprétable. Les phrases c) et c') sont considérées comme interprétables tout en étant agrammaticales. On peut donc dire que la compréhension de tous énoncés en langue naturelle n'est pas couverte par la grammaire. Par ailleurs celle-ci tolère des énoncés inprononçables (autrement dit incompréhensibles).

Une grammaire, comme norme d'une langue, semble inadéquate pour déterminer la grammaticalité et l'interprétabilité des énoncés qu'elle analyse.

Les règles de grammaire concernent :

- la phonétique ; règles gouvernant la combinaison des sons



*Exemple : "Les enfants jouent dans le jardin"*

*La combinaison des sons formant [Lezãfã] relève de la phonétique*

- *la morphologie : règles gouvernant la forme des mots dans la phrase*

*Exemple : la forme du pluriel "enfants" (avec 's') relève de la morphologie*

- *la syntaxe : règles gouvernant les combinaisons des mots dans la phrase*

*Exemple : la combinaison du groupe de mots "les enfants" avec le groupe "jouent dans le jardin" relève de la syntaxe.*

- *le lexique : liste de mots de la langue et règles définissant leur formation.*

*Exemple : les mots "enfant", "jouer" ... sont des mots de la langue française, définis par leur catégorie grammaticale (nom, verbe, ...) et par leur genre. Ces informations relèvent du lexique.*

- *la sémantique : règles gouvernant le sens des mots et des phrases.*

### III.2.6. Concept de grammaire

*D'une manière générale, et je crois par là rencontrer une opinion assez répandue, je dirai que la grammaire d'une*

*langue est l'étude des règles qui déterminent la grammaticalité des énoncés de cette langue.*

*Cette première définition sera affinée par la suite à travers deux types de conception : la grammaire traditionnelle et les grammaires génératives. Ces dernières s'opposent à la première et je tâcherai de mettre leurs différences en évidence.*

*La très brève description que je donnerai de la grammaire traditionnelle est empruntée aux générativistes.*

*Ce n'est pas mon propos d'établir une comparaison approfondie de ces deux types de grammaire. La présentation que j'en fait est assujettie à l'objectif principal du mémoire et les critiques apportées se font dans cette optique (p.e. L'aspect méthodologique de l'une ou l'autre grammaire n'est pas abordé). Autrement dit que le lecteur ne voie pas ici le procès pur et simple de la grammaire traditionnelle comme modèle de la langue.*

#### *III.2.6.1. La grammaire traditionnelle* .....

*L'objet de la grammaire traditionnelle est "l'étude systématique des éléments constitutifs d'une langue" [Grévisse, précis de grammaire française]. Cette grammaire est caractérisée par une approche, appelée mentaliste : elle présuppose une correspondance entre les catégories du discours et celles de la pensée : les verbes expriment une action ou un état; les noms, un être ou une chose.*



Autrement dit le rôle des catégories du discours est décrit dans les termes de la signification générale accordée au rôle de sa catégorie (cfr définition du verbe). Cela conduit à des définitions ambiguës car elles ne rendent pas compte de la totalité des phrases. Pour y parvenir, la grammaire a recours au "cas par cas" (les fameuses exceptions !).

Exemple : les phrases suivantes illustrent l'ambiguïté des termes 'action' et 'état' pour définir la catégorie du verbe :

" Cette villa regarde la mer "

" Cette lettre m'offense "

" Elle fait vieille "

Voilà brièvement brossé, le portrait que font les générativistes de la grammaire traditionnelle.

#### III.2.6.2. Les grammaires génératives.<sup>(1)</sup>

La grammaire est définie comme la compétence (cfr III.2.4). L'étude de ce phénomène consiste à rendre explicite la grammaire implicite que possède tout homme.

Le modèle se veut descriptif et explicatif et la grammaire est un mécanisme qui permet d'engendrer des phrases. Elle se veut une théorie de la structure et du fonctionnement du code linguistique.

---

<sup>(1)</sup> Signalons que l'emploi du pluriel se justifie par le fait qu'il y eu plusieurs types de grammaires génératives.



### III.3. Grammaire context-free : la grammaire générative syntaxique

#### III.3.1. Définition

Une grammaire context-free est définie par un quadruple

$(E_N, E_T, S, G)$  où

$E_N$  est un ensemble fini de symboles dits non terminaux

$E_T$  est un ensemble fini de symboles dits terminaux

$S$  est un symbole de  $E_N$ , appelé symbole initial

$G$  est un ensemble fini de règles de grammaire.

La forme générale d'une règle dans  $G$  est la suivante :

$Z \rightarrow \gamma$  où  $Z$  est un symbole non terminal

$\gamma$  est une suite finie de symboles de :

$E = E_N \cup E_T$ , appelés constituants de la règle.

Une règle comme :  $Z \rightarrow \gamma$ , dans une grammaire, conduit à réécrire :  $Z$  en  $\gamma$  par une opération de production ou de dérivation

ou :  $\gamma$  en  $Z$  par une opération de réduction ou d'analyse.

Si  $\alpha$  et  $\beta$  sont des suites finies de symboles terminaux ou non terminaux, on dit que  $\beta$  est directement dérivable de  $\alpha$  (notation :  $\alpha \rightarrow \beta$ ) Si et seulement si :

- $\alpha$  contient un symbole non terminal  $z$
- il existe une règle de la forme  $z \rightarrow \gamma$
- $\beta$  s'obtient en remplaçant une occurrence de  $z$  par  $\gamma$ , dans  $\alpha$ .

On dit que  $\beta$  est dérivable de  $\alpha$  (notation  $\alpha \xrightarrow{*} \beta$ ) Ssi il existe des suites  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  telles que  $\alpha = \alpha_1 \xrightarrow{*} \alpha_2 \xrightarrow{*} \dots \xrightarrow{*} \alpha_n = \beta$

Une suite donnée de symboles terminaux est "bien formée", c'est-à-dire qu'elle forme une phrase, en respectant la grammaire, si une séquence de réductions peut lui être appliquée pour produire le symbole initial  $S$ .

Une analyse, par rapport à la grammaire, consiste en

une description complète des réductions faites pour aboutir au symbole initial  $S$  et des symboles utilisés comme constituants.

### III.3.2. Présentation

Les objectifs de la grammaire générative syntagmatique sont ceux des § III.2.2 et III.2.3.

Ce modèle grammatical est conçu comme un algorithme : un ensemble fini d'instructions (ou règles) appliquées à un symbole initial, engendre une nouvelle séquence.

La grammaire en constituants [BLOUMFIELD, "Le langage", PAYOT] analysait la phrase en la segmentant en ses divers éléments : groupe de verbe, groupe de sujet, ...

Cette relation est reprise sous la forme d'une opération de réécriture, où le symbole initial  $S$  peut être réécrit de la manière suivante :

$$S \rightarrow SN + SV$$

où  $SN$  et  $SV$  désignent respectivement le syntagme<sup>o</sup> nominal et le syntagme verbal, symboles non-terminaux appelés symboles catégoriels, correspondant au sujet et au prédicat de la grammaire traditionnelle.

La dénomination "context-free" provient de ce que

les termes de chaque côté du signe ' $\rightarrow$ ' peuvent être interchangeables sans référence au contexte.

Ces règles de réécriture sont insuffisantes pour engendrer véritablement des phrases. Aussi on leur ajoute une autre série de règles, dites lexicales (générant des symboles terminaux). L'ensemble des règles de réécriture et lexicales est appelé la composante de base.

On peut représenter une phrase par un arbre de description, appelé indicateur syntagmatique.

Soient les règles de réécriture :

$$(1) S \rightarrow SN + SV$$

$$(2) SN \rightarrow No + GN$$

$$(3) GN \rightarrow art + N$$

$$(4) SV \rightarrow tps + GV$$

$$(5) GV \rightarrow V + SN$$

$$(6) No \rightarrow \begin{cases} sing \\ plur \end{cases}$$

$$(7) tps \rightarrow 3 \text{ pers } sing, \dots$$

N.B. Les accolades indiquent qu'un choix doit être fait entre plusieurs possibilités.

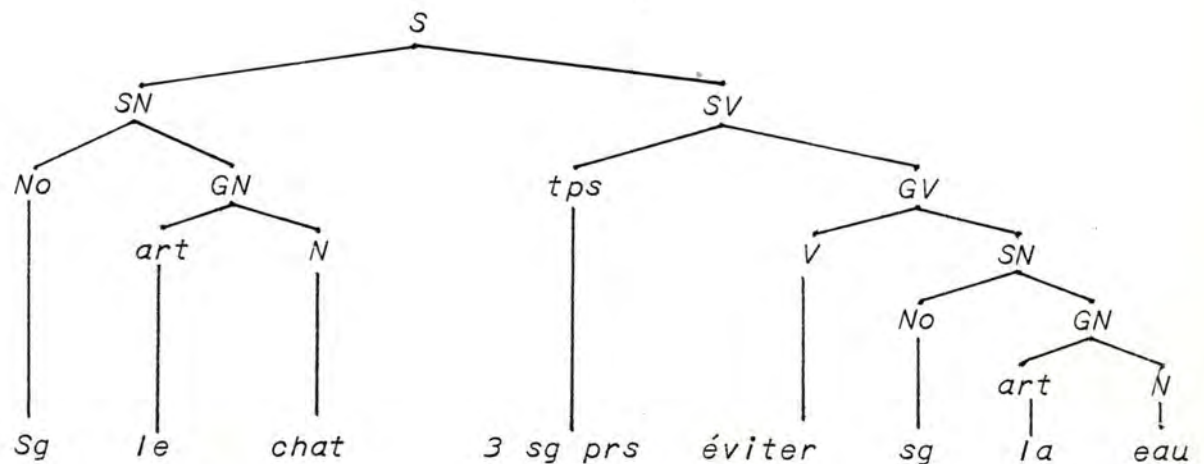
Soient les règles lexicales :

$$(a) N \rightarrow \text{contrôleur, chat}$$

$$(b) art \rightarrow le, la$$

$$(c) V \rightarrow \text{demander, } \dots$$





La séquence terminale, correspondant aux feuilles de l'arbre, donnera, après l'application des règles morpho-phonologiques, la phrase : "le chat évite l'eau".

Dans l'exemple, une phrase a bien été dérivée mais beaucoup de choses restent imprécises quant à l'application d'un principe de dérivation : il faudrait pouvoir fixer la séquence de règles de réécriture à appliquer pour obtenir un type donné de phrase. De même l'application d'une règle lexicale exige un choix qui devrait être fait automatiquement en suivant des règles précises.

Le modèle ainsi présenté correspond à une dérivation au hasard.

### III.3.3. Critique

#### III.3.3.1. Aspects positifs

C'est une grammaire explicite : elle contient des règles précises qui déterminent la bonne formation des

phrases.

*Elle est orientée vers la créativité : elle est capable d'engendrer un nombre illimité de phrases.*

*Le lexique constitue une partie intégrante de la grammaire. Les conditions d'insertions des unités lexicales dans la phrase sont précisées.*

*Elle se présente comme un algorithme et est donc susceptible d'automatisation.*

#### *III.3.3.2. Problèmes* .....

*Une grammaire doit rendre compte des phrases grammaticales d'une langue et seulement de celles-là, elle doit en outre coïncider avec la réalité de la langue (cfr III.1.1.)*

*Dans ce §, on va voir l'impasse où l'on aboutit avec une telle grammaire si l'on veut satisfaire ces deux exigences.*

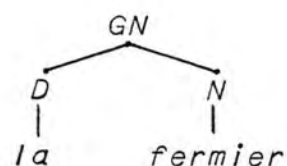
##### *III.3.3.2.1. Le retour au contexte* oooooooooooooooooooooooooooooooooooo

*Le caractère context-free de la grammaire la conduit à produire des phrases agrammaticales. En effet, libérée du contexte, elle ne tient pas compte de certaines notions, dont la plus évidente est celle de l'accord.*

*Exemple (1) à partir des règles suivantes, on pourrait obtenir une locution incorrecte :*

$$GN \rightarrow D + N$$

$$D \rightarrow \text{le, un, la} \dots$$

$$N \rightarrow \text{fermier}$$


Les phrases produites par cette grammaire peuvent n'avoir aucun sens :

Exemple : (11) : une phrase telle que "le lait boit le chat" est possible.

Si l'on essaie de résoudre le problème de l'exemple (1), on va distinguer l'article masculin et féminin.

$$D \rightarrow D_m, D_f$$

$$N \rightarrow N_m, N_f$$

$$D_m \rightarrow \text{le}$$

$$D_f \rightarrow \text{la}$$

$$N_m \rightarrow \text{fermier, chat,} \dots$$

$$N_f \rightarrow \text{fermière,} \dots$$

Il faut alors introduire une technique de choix.

Le substantif étant choisi librement il faut déterminer la forme de l'article, soit masculine, soit féminine.

On introduit de nouvelles règles :

$$D \rightarrow \begin{cases} D_m \text{ lorsqu'il précède immédiatement un } N_m \\ D_f \text{ lorsqu'il précède immédiatement un } N_f \end{cases}$$

La règle  $A \rightarrow B$  devient  $A \rightarrow B / X - Y$  qui se lit :

$A$  se réécrit en  $B$  s'il est entre  $X$  et  $Y$ .

Et on a réintroduit le contexte.



### III.3.3.2.2. Grammaire partielle

oooooooooooooooooooooooooooo

La grammaire syntagmatique est incapable de rendre compte de certaines relations soit entre des phrases, soit entre des éléments de phrase.

Exemples (1) la grammaire va donner deux structures différentes pour des phrases ayant le même sens.

"La voiture a écrasé un passant".

"Un passant a été écrasé par la voiture"

(11) et va donner la même structure pour les phrases suivantes :

"L'évier a été réparé par le plombier".

"L'évier a été réparé par hasard".

La grammaire syntagmatique est un modèle qui va de la phrase aux morphèmes<sup>o</sup> mais n'envisage que les morphèmes continus. De même, elle n'envisage pas le déplacement des constituants.

Exemple : Si l'on veut préciser le verbe, on ajoute les règles suivantes :

$SV \rightarrow Aux + GV$

$Aux \rightarrow Tps + (avoir + pp)$

$Tps \rightarrow T + ps$

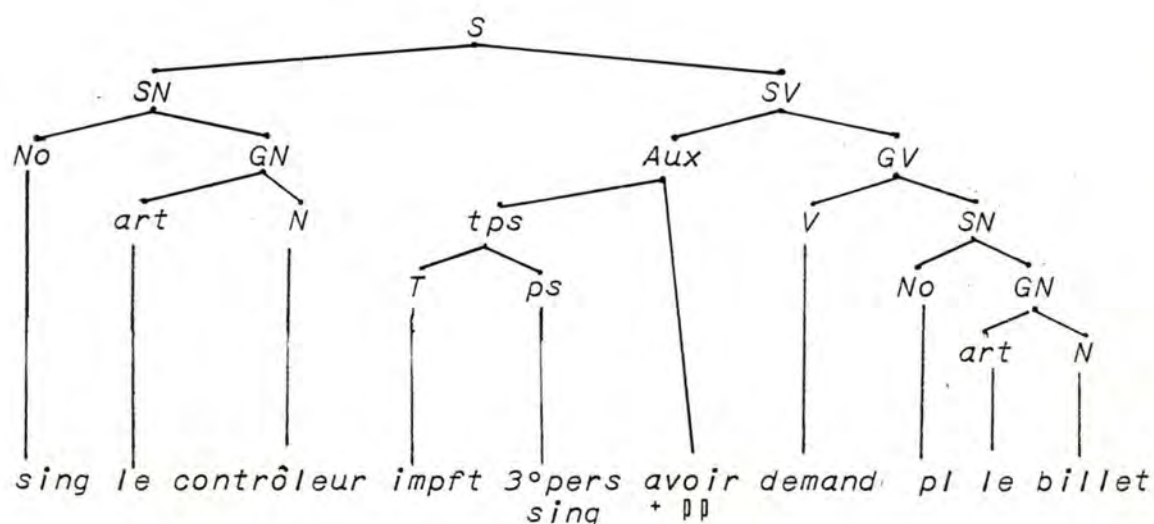
$T \rightarrow (inf) + \begin{cases} \text{prés.} \\ \text{impft} \end{cases}$

$PS \rightarrow \begin{Bmatrix} \text{Première pers} \\ \text{Deuxième pers} \\ \text{Troisième pers} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \text{Sing} \\ \text{Plur} \end{Bmatrix}$

où  $T = \text{temps}$

$ps = \text{personne}$

"Le contrôleur avait demandé les billets"



La réalisation morpho-phonologique du morphème<sup>o</sup> "participe passé" (pp) est "é" qui devra être placé après la racine verbale demand, ce déplacement n'est pas prévu par la grammaire.

### III.3.4. Conclusion

Il est clair que le modèle proposé ne convient pas pour rendre compte du langage naturel. Il faut en trouver la cause dans son caractère "context-free" et purement syntaxique.

Cette grammaire n'intègre pas certains choix qu'il faut faire. Elle n'est utilisable que par quelqu'un qui connaît la langue et qui sait quels énoncés il veut produire. Elle opère sur des symboles pour produire une séquence terminale. Elle génère des phrases. Mais on ne sait pas ce qu'elle peut faire directement sur une phrase, autrement dit les opérations de réduction ou d'analyse ne sont pas expliquées.

### III.4. La grammaire générative transformationnelle

#### III.4.1. Objectifs généraux et particuliers

Les objectifs poursuivis par les transformationalistes sont ceux qui ont été développés au III.2.2. S'y greffe la volonté de remédier aux carences de la grammaire syntagmatique.

Les objectifs supplémentaires sont les suivants:

- bloquer la génération des phrases non grammaticales.
- rendre compte de la parenté sémantique entre certaines phrases ayant une structure différente.
- rendre compte de la parenté sémantique entre des phrases ayant la même structure.
- rendre compte de la différence sémantique entre des phrases ayant la même structure.
- intégrer dans le modèle les morphèmes discontinus<sup>o</sup>.
- rendre compte des phénomènes d'ambiguïté.

J'ouvre une petite parenthèse à propos de ce dernier point.

On distingue les ambiguïtés lexicales et les ambiguïté syntaxiques. Les premières sont attachés aux mots; ceux-ci peuvent avoir plusieurs sens, selon le contexte.



Exemple : "Cette pièce est jolie", le mot "pièce" peut désigner une pièce de théâtre, une pièce dans une maison, un morceau, ...

Parmi les ambiguïtés syntaxiques, on distingue celle où deux structures différentes ont la même réalisation sonore.

Exemple : /*ẽnɛfɔʁ*/ peut signifier "un effort" ou "un nez fort"

Et celle où deux occurrences de la même phrase ont des sens différents.

Exemple : "la critique de CHOMSKY" phrase qui peut avoir les sens suivants :

- 1) "la critique que CHOMSKY a écrite"
- 2) "la critique que quelqu'un a écrite sur CHOMSKY."

La grammaire transformationnelle est due au linguiste américain N. CHOMSKY.

Sa théorie se présente en deux versions, la seconde complétant la première, en opérant un retour au sémantisme.

#### III.4.2. Justification dans le travail

Le caractère formel et générativiste a semblé justifier l'étude de cette grammaire dans l'objectif global que je me suis fixé, à savoir rappelons-le, la réponse à la question : Y a-t-il moyen, actuelle-

ment, qu'une machine, un ordinateur, puisse comprendre le langage naturel et produire des énoncés en langage naturel ?

Je m'attarderai à présenter ce modèle dans quelques détails (peut-être trop pour certains).

Je le ferai pour deux raisons : la première est que cette théorie est, encore aujourd'hui la base de beaucoup de recherches tant en linguistique qu'en I.A. (cfr. FRIEDMAN et CHAUCHE dans la bibliographie) et la seconde est qu'elle me permet de mettre en lumière la complexité du langage naturel.

#### III.4.3. Présentation du modèle.

##### III.4.3.1. La première formulation .....

CHOMSKY ajoute un nouveau type de règles : de transformation grammaticale de façon à considérer la phrase en trois étapes :

- une première, la base de la grammaire engendre des structures profondes (N.B. CHOMSKY n'emploie pas encore ce terme, en 57, moment où il publie la première formulation mais pour plus de facilité, j'emploierai le vocabulaire le plus employé aujourd'hui).
- une deuxième étape transforme ces structures profondes en structures superficielles (même remarque qu'au dessus) à l'aide d'une nouvelle série de règles : "les transformations grammaticales".

- une troisième étape convertit les structures superficielles (qui sont une suite de morphèmes<sup>o</sup>) en suite de phonèmes<sup>o</sup> grâce aux règles morphophonologiques.

La différence entre les règles de réécriture et les règles transformationnelles est la suivante : les premières permettent de développer un symbole catégoriel en une suite de symboles : on trouve un seul élément à gauche du signe ' $\rightarrow$ ' et un ou plusieurs éléments à droite de ce signe; les secondes convertissent non pas un symbole, mais une suite terminale en une autre suite terminale (la 2<sup>e</sup> étape ci-dessus)

Exemple : Soit un ensemble de règles de réécriture et de règles lexicales

$S \rightarrow SN + SV$

$SN \rightarrow No + GN$

$GN \rightarrow art + N$

$SV \rightarrow Aux + GV$

$GV \rightarrow V + SN$

$art \rightarrow le, la, \dots$

$N \rightarrow garagiste, \dots$

$V \rightarrow régler$

Ces règles permettent une dérivation dont la séquence terminale serait :



"sing + le + garagiste + prés 3° pers sing + régler + le + frein"

Cette phrase serait la structure profonde qui peut donner naissance à deux phrases, l'une active, l'autre passive. Pour arriver à la première : il y aura une transformation dans chaque SN et une transformation dans le SV; pour obtenir la seconde : il faudrait permuter les deux SN, introduire "être" et le morphème "participe passé" et introduire "par" devant le SN qui se trouve désormais à droite.

On formule la transformation passive (TP) :

$$TP : SN_1 + Aux + V + SN_2 \rightarrow SN_2 + Aux + "être + pp" + V + par + SN_1$$

Ces nouvelles règles permettant de résoudre quatre problèmes qui se posaient à la grammaire syntagmatique.

- 1) l'ambiguïté provient de ce que des structures profondes différentes correspondent à une même structure superficielle.
- 2) les structures profondes peuvent comporter des constituants discontinus et des morphèmes<sup>o</sup> qui devront être déplacés pour aboutir à la structure superficielle.
- 3) deux phrases (p.e. active et passive) ayant le même sens, auront la même structure profonde.
- 4) Les types de phrases (par ex. négative) sont vus comme des structures superficielles

obtenues à partir de structures profondes différentes, à qui l'on fait subir un même type d'opération.

#### III.4.3.2. Critique de la première version

Comme la grammaire syntagmatique, le modèle vu est indépendant du contexte et ne résoud pas le problème posé par certaines agrammaticalités comme :

"Le lait boit le chat"

Les règles préposées réécrivent un symbole en une suite de symbole sans jamais préciser les impossibilités de combinaison et les transformations ne peuvent rendre compte de tels phénomènes sans d'extrêmes complications.

#### III.4.3.3. Deuxième version

Appelé aussi la théorie standard, cette version est présentée dans "Aspects of syntactic theory" (N. CHOMSKY)

##### III.4.3.3.1. Grammaire context-sensitive

La grammaire transformationnelle, dans sa deuxième version, se présente comme une grammaire context-sensitive qui se définit comme une grammaire context-free (cfr § III.3.1.) avec la différence qu'une règle a le format général :

$$Z - \gamma \ / \ \alpha - \beta$$

où  $Z$  est un symbole non terminal

$\gamma$  est une suite non vide de symboles non terminaux et/ou terminaux

$\alpha$  et  $\beta$  peuvent être des ensembles non nuls d'éléments terminaux et/ou non-terminaux appelés le contexte à gauche et à droite de la règle.

#### III.4.3.3.2. Structures profonde et superficielle .....

Le postulat est que toute phrase possède une structure pertinente pour son interprétation sémantique (structure profonde) et une structure profonde pour son interprétation phonétique (structure superficielle).

La structure profonde est une structure abstraite, engendrée par la composante de base (cf. III.3.2.). A cette structure s'appliquent des règles d'interprétation sémantique et des opérations de transformation qui la transforment en structure superficielle.

La structure superficielle représente les indicateurs syntagmatiques auxquels s'appliquent les règles phonologiques.



Les transformations sont redéfinies comme des opérations qui établissent un rapport entre la structure profonde et la structure superficielle, sans changer la signification de la phrase, autrement dit, tout ce qui est sémantique se trouve dans la structure profonde.

#### III.4.3.3.3. La sous-catégorisation .....

CHOMSKY propose un nouveau système de règles pour la composante de base.

Les règles de réécriture telles qu'elles ont été vues dans la première version ne permettent pas d'éviter des phrases du type :  
" Le mur court ".

Rappelons-le ces règles jouent sur les symboles catégoriels (S, SN, ...).

CHOMSKY propose d'ajouter de nouvelles règles qui prendront en considération certaines caractéristiques des items lexicaux (comme "animé", "humain", ...) et le contexte de ces items, ce qu'il appelle la sous-catégorisation. Chaque item sera caractérisé par des traits lexicaux (règles de sous-catégorisation lexicale) et par des traits

contextuels (règles de sous-catégorisation contextuelle)

-les traits lexicaux : chaque item est représenté dans le lexique par une matrice de traits distinctifs (phonologiques et syntaxique). Un item *I* possédant le trait *X* et *Y* mais non le trait *Z*, sera représenté par :  $(I, (+X, +Y, -Z))$

Exemple :  $(\text{Jean}, (+N, \_\text{commun}, +\text{humain}))$

Pour faire entrer ces items dans une représentation en arbre, la démarche consiste à développer la catégorie *N* en un symbole complexe (*SC*) formé d'un certain nombre de traits.

Ce qui donne les règles de sous-catégorisation lexicale :

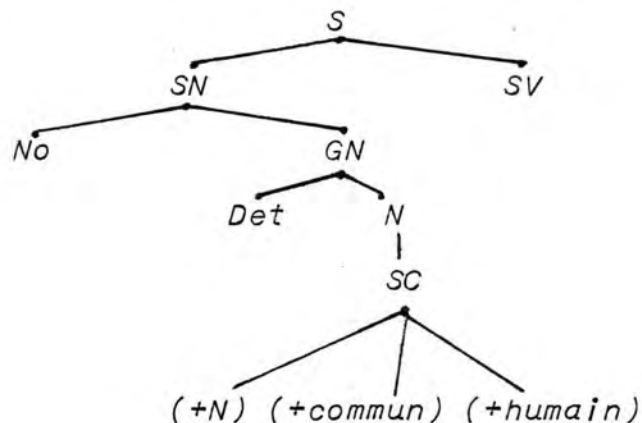
- |  |   |  |
|--|---|--|
| (1) $S \rightarrow SN + SV$                          | } | règles de réécriture                   |
| (2) $SN \rightarrow N_o + GN$                        |   |  |
| (3) $GN \rightarrow Det + N$                         |   |  |
| (4) $N \rightarrow SC$                               |   |  |
| (5) $SC \rightarrow (+N, \pm \text{commun})$         | } | règles de sous-catégorisation lexicale |
| (6) $+ \text{commun} \rightarrow (\pm \text{animé})$ |   |  |
| (7) $- \text{commun} \rightarrow (\pm \text{animé})$ |   |  |
| ⋮  |   |  |

A partir de ces règles, il est possible de construire des indicateurs syntagmatiques (cfr § III.3.2.) mettant en jeu la sous-catégorisation.

Exemple : 'garçon' est représenté dans le lexique par

(garçon, (+N, +commun, +humain))

En appliquant les deux types de règles,  
on obtient :



Il reste à appliquer une opération qui permettra d'insérer un item lexical possédant les mêmes traits.

- Les traits contextuels qui donnent l'environnement d'un verbe donné sous la forme des caractéristiques catégorielles ou lexicales des entités qui l'entourent.

Exemple : pour le verbe "Boire, les traits contextuels indiquent que le sujet doit être vivant et l'objet buvable.

On distingue les traits contextuels qui donne l'environnement catégoriel (cfr symboles catégoriels § III.3.2) d'un verbe. Ces traits sont dits de sous-catégorisation stricte.

Exemple : le verbe "regarder" sera précédé par un mot appartenant à la catégorie des noms (N) et suivi par un mot de la même catégorie.

On note : Regarder : +V, (+N\_\_), (+\_\_N)

où le premier symbole indique la catégorie du



*mot qu'on caractérise;*

*où la barre horizontale, \_\_, indique l'endroit où s'insère l'item en question, et les traits contextuels qui donnent les traits lexicaux de l'environnement d'un verbe.*

*Ce sont les traits de sous-catégorie sélectionnelle.*

*Exemple : le verbe "regarder" demande à être précédé d'un nom ayant la caractéristique lexicale animé et il doit être suivi d'un nom caractérisé de 'visible'.*

*On note : regarder : (+animé\_\_), (+\_\_(visible))*

*La composante de base est constituée de deux sous-composantes :*

*1) catégorielle qui met en jeu les règles de réécriture et permet d'aboutir aux symboles représentant les catégories syntaxiques;*

*2) lexicale qui met en jeu les règles de sous-catégorisation pour développer le Sc, formé d'une série de traits inhérents et contextuels;  
d'autre part, un lexique dont chaque entrée est une matrice de traits phonologiques,*

*syntaxiques et sémantiques;  
et enfin, des transformations de substitution  
lexicale.*

#### III.4.4. Critique

##### III.4.4.1. Aspects positifs de la théorie standard

*La grammaire générative rassemble les qualités  
des modèles précédents (cfr § III.3.3.1.). Mais  
elle tient compte du contexte et, par là, la  
description de la langue est plus réaliste.  
De plus, des règles définissent les combinaisons  
possibles.*

##### III.4.4.2. Limites de la grammaire

*a) Le point de vue linguistique :*

*- les fonctions grammaticales (sujet, objet)  
sont définies au niveau des structures profondes,  
sémantiquement pertinentes. Cependant ces fonctions*

peuvent exprimer des relations sémantiques diverses (cfr le sujet dans une phrase passive et une phrase active). Pour ce point précis, voir le chapitre IV IV.4.11.

- La grammaire ne rend pas compte du fait que les transformations syntaxiques sont souvent soumises à des contraintes sémantiques.

- Elle ne rend pas compte non plus de la synonymie entre phrases ayant des structures profondes différentes, car les règles de segmentation qui déterminent les structures profondes sont exprimées en termes de catégories lexicales et syntaxiques.

Exemple : (1) "Il pleut souvent au printemps"

(2) "Les pluies sont fréquentes au printemps"

- Enfin, c'est une grammaire de la phrase qui ne peut rendre compte de l'usage des phrases dans un texte et donc des contraintes textuelles.

b) Le point de vue de l'intelligence artificielle

La grammaticalité n'est pas considérée comme un phénomène important par les chercheurs en linguistique automatique.

On peut se poser la question de l'utilité de règles syntaxiques.

Des règles, telles que celles de la G.G.T permettent la production automatique du langage, elles sont donc justifiées en intelligence artificielle.



Cependant la séquence de règles à appliquer n'est pas fixée. La génération semble se faire au hasard (même remarque qu'au § III.3.2.)

Mais le propos de l'intelligence artificielle est avant tout la compréhension du langage naturel

Il faudrait prendre les règles de réécriture à l'envers jusqu'à atteindre le symbole S. Le traitement consiste à trouver pour chaque mot de la phrase donnée, la catégorie qui lui convient dans la phrase (un mot pouvant appartenir à plusieurs catégories).

Mais avec une telle grammaire, la structure produite peut être très différente de la forme superficielle de la phrase d'entrée. (cfr formes passives et active). Le caractère non-déterministe de la grammaire provient de ce que les transformations opèrent sur des arbres et non sur des suites de mots.

En supposant qu'une telle opération soit possible, le niveau de compréhension d'un énoncé en langue naturelle restera limité aux éléments linguistiques tels qu'ils sont définis. Autrement dit, si le but est de formaliser un ensemble d'énoncés exprimant une certaine "réalité", celle-ci peut être perdue. Il n'est pas possible d'établir entre les structures de deux énoncés, des liens autres que ceux prévus par la grammaire.

Il n'est donc pas possible d'utiliser des énoncés

*pour en tirer des conclusions. La "génération" de phrases ne sert pas un quelconque processus de raisonnement.*

*b) Par rapport à la logique formelle.*

*La théorie de CHOMSKY a la forme d'une logique. En effet, elle permet la dérivation répétée de structure à partir d'autres structures grâce aux règles de transformation.*

*Mais il se base exclusivement sur la distinction entre phrases bien formées et phrases mal formées. Aussi, les règles de transformation (ou d'inférence) peuvent s'appliquer à des théorèmes (au sens du L.P. P.O.) mais pour produire non pas de nouveaux théorèmes, mais des phrases bien formées.*

*En fait le point de vue est totalement différent.*

*Il est intéressant de noter la complémentarité de ces deux approches. Il n'est pas impossible, à priori, d'en envisager une 'combinaison'. La grammaire transformationnelle donne à l'énoncé une structure qui, traduite dans un langage de premier ordre, peut faire l'objet de déductions. Il reste bien sûr le passage de la structure au langage du premier ordre.*



### III.5. Réseaux de transition augmentés

#### III.5.1. Justification dans le travail.

Les réseaux de transition augmentés se définissent comme un modèle de grammaire du langage naturel

Plusieurs systèmes expérimentaux de description grammaticale automatique sont basés sur les réseaux de transition. Cela justifie la présence de ce § dans le mémoire.

Par ailleurs, les réseaux de transition augmentés (souvent noté A.T.N. de l'Anglais 'Augmented transition network') essaient de combiner les avantages respectifs d'une grammaire hors-contexte (context-free) et d'une grammaire transformationnelle.

#### III.5.2. Présentation

##### III.5.2.1. Réseau de transition récursif

Un réseau de transition récursif consiste en un ensemble de graphes orientés où les noeuds correspondent à des "états" et les arcs représentent la transition d'un état à un autre.

Chaque graphe porte un nom et les états et les arcs sont étiquetés.

Les étiquettes sont soit un symbole terminal, soit le nom d'un état.

Un état particulier est appelé état initial et



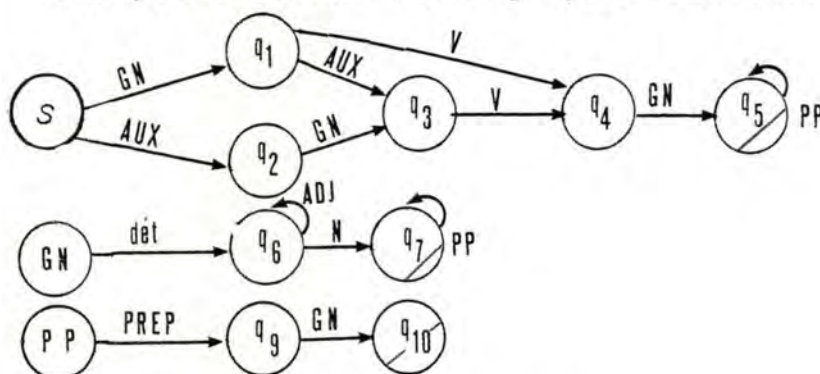
un ensemble d'états particuliers sont appelés états terminaux.

Les séquences de mots qui forment une phrase peuvent être lues directement en suivant les chemins en partant de l'état initial jusqu'à un état terminal.

La présence d'un nom d'état pour un arc a pour effet d'interrompre le parcours de l'arc en question, pour continuer la lecture sur un autre graphe de même nom jusqu'à un état final pour ensuite revenir au noeud-destination de l'arc que l'on avait quitté.

Les noms d'états appliqués aux arcs sont des symboles non-terminaux représentant des structures complexes.

Exemple : Soient les 3 graphes suivants :



où *S* désigne l'état initial

*pp* désigne le participe passé

les états terminaux sont représentés par un cercle barré.

les *q<sub>i</sub>* représentent les états

les autres symboles sont ceux déjà rencontrés dans ce chapitre.

La lecture ou reconnaissance, d'une phrase se déroule comme suit :

Soit la phrase : "le garçon lave la voiture"

Le point de départ est le symbole S; la première transition est celle du GN : pour être certain qu'il s'agit bien d'un GN, appel à l'état GN : on parcourt l'arc "dét" jusqu'à l'état  $q_6$  puisque "le" est un déterminant; on parcourt ensuite l'arc N jusqu'à  $q_7$  qui est un état terminal, on peut alors aller en  $q_1$ . On parcourt l'arc V jusque  $q_4$ , 'lave' étant bien un verbe, et ainsi de suite jusqu'à  $q_5$ . Ce noeud étant terminal et "voiture" étant le dernier mot, la séquence est acceptée comme phrase.

Si un seul chemin est possible pour une phrase donnée, celle-ci est inambiguë.

Le modèle est non-déterministe et donnera donc tous les chemins d'analyse possibles pour une phrase.

#### III.5.2.2. Réseau de transition augmenté

Il s'agit d'un modèle de grammaire basé sur la notion de réseau de transition récursif et offre l'équivalent d'une analyse transformationnelle mais sans nécessiter un composant transformationnel séparé.

Ce type de modèle a été formalisé par W.A. Woods ("Transition network for natural language analysis", CACM, vol. 13, n° 10, oct. 1970, 591 - 606).

La grammaire se présente comme un ensemble d'auto-

mates d'états finis dont les sommets initiaux correspondent à des catégories non-terminales dans une grammaire context-free.

On augmente la puissance du modèle en partant sur les transitions des conditions et des actions portant sur le contenu de registres déclarés en écrivant la grammaire. Ils peuvent contenir des arborescences ou des "marqueurs".

Ces conditions et ces actions ne valent que si on utilise ce modèle pour effectuer une analyse.

Ces ajouts expliquent la dénomination "augmenté" pour le réseau de transition.

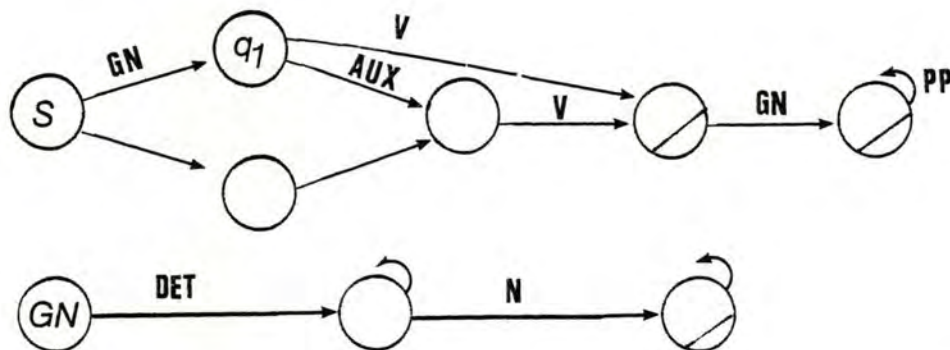
Pour analyser une phrase, on part de l'état  $S$  et on cherche à parcourir les transitions de ce réseau jusqu'à un état final en même temps qu'on parcourt la phrase de gauche à droite.

Si on parcourt un arc étiqueté par un symbole non-terminal  $E$ , on garde mémoire de cet arc (au moyen d'une pile) et on fait une opération analogue à aboutir au réseau de sommet initial  $E$ . Quand on a fini (on a parcouru  $E$ ) on retrouve en haut de la pile l'arc qui avait été "sauvé" et on poursuit.

On a trouvé une solution quand on arrive en même temps à un état final du réseau d'entrée  $S$  et à la fin de la phrase.



Exemple : "Le garçon lave la voiture"



On commence à l'état initial *S*. L'arc étiqueté *GN*, symbole non-terminal, nous envoie au réseau du même nom. *GN* est placé au sommet de la pile.

Le dictionnaire associe la catégorie *dét.* à "*le*" et on passe à l'état suivant. "*garçon*" est de la catégorie *N* et on atteint l'état final du réseau *GN*. "*Le garçon*" est mémorisé dans un registre *SUJET* et "*déclarative*" dans le registre *TYPE*.

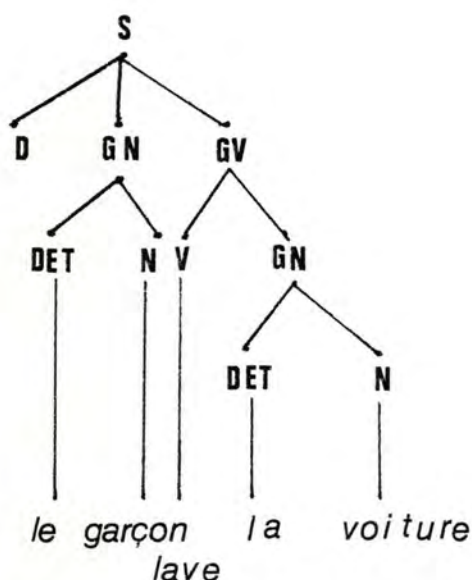
On peut remonter à l'état *q<sub>1</sub>*.

Pour parcourir l'arc *V*, il faut satisfaire à un test.

En l'occurrence, le verbe "*laver*" suppose un sujet animé; comme c'est le cas, on parcourt l'arc *V*, et ainsi de suite.

L'innovation consiste à introduire des conditions et des actions sur les transitions. On peut ainsi construire une structure plus "profonde" que celle qui serait donnée par le parcours effectué par l'analyse. On arrive aisément à construire des structures de constituants.

On pourra par exemple produire :



### III.5.2.3. Critique

#### a) avantages

Le modèle présenté à l'avantage d'être clair. Comme on l'a déjà signalé les constituants de phrase apparaissent directement, contrairement à la grammaire générative et transformationnelle où l'effet d'une règle donnée n'est visible qu'en interaction avec d'autres.

Le modèle a été décrit comme un "analyseur" de phrases. Il semble qu'il puisse convenir également pour produire des phrases. Dans ce cas-là les conditions sur les arcs qui devaient être satisfait par la phrase d'entrée deviendraient des décisions et si elles sont choisies, elles imposeraient des contraintes pour la génération d'éléments suivants dans la phrase.

Le modèle transformationnel offrait essentiellement un modèle génératif, le problème de l'analyse étant très complexe.

Un troisième avantage de ce modèle est qu'il permet de réduire la taille de la représentation de la grammaire : il est possible de combiner plusieurs règles de la grammaire context-free.

Le modèle donne la possibilité de postposer des décisions. L'intérêt de cette caractéristique apparaît lorsqu'il peut déterminer le type de la phrase en entrée (déclarative, passive,...) ce qui n'est pas toujours possible dès les premiers mots de la phrase. (p.e. pour la phrase passive).

Enfin ce modèle a l'avantage d'être flexible. Cela n'est plus vrai pour une application de quelque envergure.

#### b) désavantages

La complexité : un réseau de transition augmenté devient rapidement complexe si l'on veut qu'il rende compte d'une grammaire "réaliste". Son caractère non-modulaire rend difficile toute modification ou ajout.

Une certaine inefficacité : on a vu que le système est non-déterministe, il requiert donc une recherche, ce qui se fait par des retours en arrière. Or les essais infructueux ne sont pas mémorisés. On



*assiste ainsi à la répétition des mêmes sous-chemins.*

*Des descriptions dépourvues de sens : la grammaire de l'A.T.N. est essentiellement syntaxique (une description syntaxique complète est produite avant toute interprétation sémantique).*

*Ce dernier point fait l'objet de recherches : essai d'interprétation de chaque constituant au moment où il est produit.*

### III.6. Conclusion

*Il ressort de ce chapitre qu'il n'est pas possible de concevoir un modèle du langage naturel sans tenir compte du sens. Autrement dit, la syntaxe seule ne peut rendre compte du langage.*

*Un autre grand absent de ces théories est le contexte non-linguistique dans lequel s'insèrent les énoncés.*

CHAPITRE IV : METHODES SEMANTIQUES  
=====

#### IV. 1. Introduction

##### IV.1.1. Objectifs

###### IV.1.1.1. Objectif général .....

Ce chapitre apporte un élément de réponse à la question posée au début de ce travail : est-il possible actuellement qu'un ordinateur "comprenne" le langage naturel et puisse "s'exprimer" de même (pour voir ce que l'on entend par là, le lecteur s'en référera au chapitre I).

Cette question m'a amenée à me pencher sur le problème de la description du fonctionnement du langage naturel, adéquate de deux points de vue : celui de la langue et celui de l'ordinateur.

C'est à dessein que j'ai choisi le terme "description" car il est suffisamment général pour ne pas préjuger que les deux points de vue soient absolument compatibles. Autrement dit il n'est pas certain qu'une formalisation (au sens logique du terme) soit possible.

A rechercher une description du langage naturel, adéquate pour mon propos, je me suis intéressée aux travaux des linguistes qui tentèrent peu ou prou d'expliquer et de formuler les mécanismes du langage.

Mais une description, aussi formelle soit-elle permet-elle de comprendre une langue ?



#### IV.1.1.2. Perspective du chapitre . .....

Comme pour le chapitre III, je suivrai les travaux des linguistes, comme ils se sont succédés dans le temps, chacun critiquant le précédent et proposant une solution aux problèmes relevé.

Si j'ai choisi de faire deux chapitres plutôt qu'un, c'est que, comme les titres l'indiquent, les points de vue sont nettement différents.

#### IV.1.2. Plan

Le paragraphe IV.2. replacera les différentes théories vues au chapitre III et celles de ce chapitre dans leur chronologie.

Les paragraphes suivants présenteront deux théories sémantiques :

Les indicateurs sémantiques et les restrictions de sélection de KATZ & FODOR au § IV.3;

La grammaire de cas de Fillmore au § IV.4.

#### IV.2. Historique

Il n'est sans doute pas inutile de resituer, dans leur chronologie, les théories linguistiques à la base de ma réflexion.

La succession des théories illustre l'attitude critique de chaque linguiste par rapport à ceux qui le précèdent. Remarquons aussi la vision facilement dichotomique du langage comme si syntaxe et sémantique

tique devaient nécessairement s'exclure l'une l'autre.

En 1957, CHOMSKY publie "Syntactic structures" qui expose les théories génératives, syntagmatique et transformationnelle (première version).

Le sens est explicitement rejeté comme base possible d'une description formelle du langage.

En 1963, KATZ et FODOR, dans : "The structure of a semantic theory" proposent une analyse sémantique basée sur la syntaxe générative.

Un composant sémantique interprète (cfr IV.3.3.) les indicateurs syntagmatiques.

Ce composant est complémentaire, il ne peut jouer de rôle dans la distinction des phrases grammaticales et agrammaticales comme il ne joue aucun rôle de la production de structures profondes.

En 1965, l'ouvrage "Aspects of the theory of syntax" de CHOMSKY propose la seconde version de la grammaire transformationnelle (G.G.T. standard) ou "C.K.P.model". Modèle de CHOMSKY, KATZ et POSTOL).

Le composant sémantique est ajouté au composant syntaxique qui reste, de loin, le plus important.

Les transformations préservent le sens des structures profondes auxquelles elles s'appliquent.

Les propos sémantiques ne sont acceptés que s'ils sont sous-tendus par des bases syntaxiques.



Réaction à la position interprétative et développement des sémantiques génératives.

L'idée de base est que la syntaxe et la sémantique ne peuvent être séparées. (cfr Mc CAWLEY, POSTAL dans la bibliographie)

IV.3. Indicateurs sémantiques et restrictions de sélection : KATZ & FODOR

IV.3.1. Introduction

IV.3.1. Objectifs de Katz et Fodor

Selon KATZ & FODOR, une description du langage doit couvrir la connaissance que possède un locuteur de la structure de sa propre langue, ce qui lui permet de l'utiliser et de la comprendre.

Leur objectif général est de proposer une telle description. Ils considèrent que l'objet de recherche d'une théorie sémantique est la partie d'une telle description qui n'est pas couverte par la théorie de la syntaxe (ils se basent sur la GGT, première version).

Ils reprochent au modèle de CHOMSKY de ne pas faire une description complète du langage, en ne rendant pas compte du sens.

Leur ouvrage (cfr IV.2.) est la première tentative pour réintroduire la sémantique dans la grammaire transformationnelle.

Plus particulièrement, ils excluent d'une telle description la possibilité d'utiliser et de comprendre des phrases, qui dépend du contexte linguistique et/



ou physique dans lequel ces phrases apparaissent.

Ils se basent sur des exemples du type :

"Le cri du cerf est terrible", où le sens du mot "terrible" n'est pas clair.

KATZ & FODOR justifient la nécessité d'une théorie sémantique en montrant que certaines réalités du langage ne peuvent être expliquées par la syntaxe (GT).

Ils repèrent quatre phénomènes dont le modèle de CHOMSKY ne rendait pas compte.

- 1) certaines phrases ne seront décrites syntaxiquement que d'une seule manière alors qu'elles peuvent revêtir un ou plusieurs sens différents.

Exemple : "la critique de CHOMSKY..."

- 2) l'ambiguïté des mots peut parfois être levée étant donné la relation qui unit le mot ambigu à d'autres mots de la phrase.

Exemple : "il courait si vite qu'on aurait cru qu'il volait"

- 3) certaines phrases, correctes syntaxiquement, peuvent être dénuées de sens.
- 4) Des phrases sans lien grammatical (i.e. ayant une structure différente) peuvent avoir le même sens.

#### IV.3.1.2. Présupposés

L'approche de KATZ & FODOR est compositionnelle, c'est-à-dire qu'ils estiment que la signification d'une phrase est la fonction (au sens mathématique du terme) des significations de ses parties. Autrement dit, les différents sens possibles d'une phrase seront obtenus à partir des sens des unités qui la composent. L'unité choisie est le mot.

Les sens d'un mot sont fondamentalement un prédicat ou une relation et il ne peut avoir ces significations que avec des objets ayant certaines propriétés.

Exemple : "Je mange du pain"

Le verbe "manger" établit une relation entre celui qui mange (qui a la propriété d'être vivant) et ce qui est mangé (qui doit être un objet mangeable).

#### IV.3.2. Présentation

Pour expliquer les phénomènes vus en IV.3.1.2. KATZ & FODOR proposent une théorie sémantique interprétative : sur base de la description grammaticale donnée par les indicateurs syntagmatiques pour une phrase, la théorie "interprète" la description avant la production de la forme définitive de la phrase.

KATZ & FODOR reprennent le modèle de dérivation de la G.G.T. Il lui ajoute un composant sémantique

qui intervient sur la structure profonde produite (il ne joue donc aucun rôle dans la production de cette structure).

Le rôle de ce composant est de déterminer la ou les combinaisons possibles de la séquence obtenue.

La ou les suites ordonnées fournies constituent la ou les lectures de la phrase (i.e. ses significations). Le nombre de lectures d'une phrase est censé être égal au nombre de significations que lui donnerait un locuteur, sans utiliser d'éléments non-linguistiques.

La théorie de KATZ & FODOR a deux composants : un dictionnaire et un ensemble de règles; chaque mot figure au dictionnaire où il est caractérisé par sa catégorie lexicale et des indicateurs sémantiques.

Exemples :

(1) EAU → NÔM  
CONCRET → (OBJET  
PHYSIQUE) → LIQUIDE → (BUVABLE)

(2) ENTRE ↗ VERBE CONJUGUE → ACTION  
↘ PREPOSITION

(3) COLORE → ADJECTIF → COULEUR → <OBJET PHYSIQUE>

Les indicateurs sémantiques sont censés donner le ou les sens du mot auquel ils sont appliqués, par





Ensuite, on opère en remontant l'arbre, en combinant les sens des différents noeuds terminaux qui sont descendants immédiats du même noeud. On remplace ce dernier noeud par l'ensemble des sens obtenus (par combinaison de chaque membre d'un ensemble avec chaque membre d'un autre ensemble en excluant les combinaisons interdites par les restrictions).

Exemple : - soient les entrées suivantes dans le dictionnaire :

chat → nom concret → (animal) → (omnivore)

lait → nom concret → (boisson)

boire → verbe → v. transitif → (action)

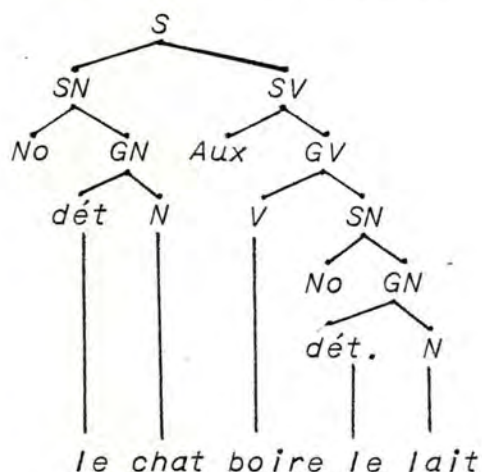
< sujet : (humain) ou (animal)

objet ; (boisson) >

le → éterminant → article → (masculin) → (sing)  
< objet : nom concret ou abstrait >

L'indicateur syntagmatique :

le chat boire le lait



#### IV. 3.3. Adéquation

*La théorie compositionnelle est valable dans certains cas mais pas pour tous.*

*Exemples :*

*(1) 'Cette pièce a été jouée par un acteur célèbre'*

*(2) "Cette pièce est jolie"*

*Le sens du mot "pièce" dans l'exemple (1) peut être trouvé par la relation du mot avec d'autres de la phrase. Ce n'est pas possible pour l'exemple (2).*

*Toutes les ambiguïtés ne sont donc pas résolues.*

*Le second problème est inhérent aux restrictions de sélection. En effet, si elles sont trop fortes (i.e. trop restrictives) elles risquent de ne pas "voir" toutes les lectures possibles d'une phrase et si elles sont trop faibles (i.e. trop générales) elles risquent de ne pas faire les bonnes sélections.*

*Cette méthode est lourde. Elle exige une accumulation considérable de données linguistiques sous forme de possibilités à envisager.*

*Enfin on peut critiquer la distinction entre connaissance sémantique linguistique et la connaissance générale du monde.*

#### IV.3.4. Utilisation en intelligence artificielle

*Beaucoup de systèmes informatiques de compréhension du langage naturel, utilisent les indica-*



teurs sémantiques et les restrictions de sélection, généralement en combinaison avec d'autres théories sémantiques.

WINOGRAD utilise les restrictions mais de manière moins rigide. Au lieu d'attendre d'avoir la structure sémantique complète (l'indicateur syntagmatique) pour appliquer les restrictions au produit "fini", il applique les restrictions tout au long de l'analyse syntaxique. Cela permet un gain de temps et sans doute augmente la puissance d'analyse.

RIESBECK quant à lui analyse uniquement les indicateurs sémantiques (il utilise les restrictions pour trouver le rôle traditionnel des indicateurs syntagmatiques)

La tendance serait non plus de considérer des "restrictions" mais des "préférences".

C'est le cas du système de description de WILK  
IV.4. Grammaire de cas

Il s'agit d'une autre approche de théorie sémantique se basant sur la linguistique transformationnelle. FILLMORE en est le représentant le plus connu, avec son ouvrage "case for case" (1968).

Cette théorie contribua au développement de la linguistique automatique avec, notamment, SIMMONS, SCHANK et RIESBECK.

#### IV.4.1. FILLMORE

##### IV.4.1.1. Idée de base et postulats

Selon FILLMORE, la notion de cas et en général de désincences est à rapprocher des structures lexicales de surface comme la position des noms dans une phrase, les prépositions, ... car ils remplissent la même fonction à savoir de montrer une relation entre le nom ou groupe du nom et le verbe. Ils indiquent une structure sous-jacente : un système de relations sémantico-syntaxiques.

FILLMORE distingue, d'une part la fonction qui est de montrer une relation et d'autre part, l'expression de cette relation. La fonction est universelle tandis que l'expression est propre à une langue, ce qu'il appelle respectivement la fonction de cas et la forme de cas.

Exemple : "Jean mange une pomme"

où la fonction de cas de 'pommes' :

"quelque chose affectée par l'action"

où la forme de cas de "pomme" est sa position après le verbe.

En allemand, la forme de cas sera l'accusatif, la fonction de cas étant la même.

Les objets du monde réel représentés par les groupes du nom sont appelés des participants.

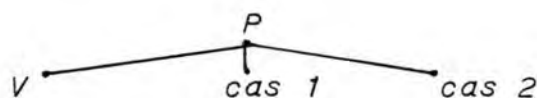
Les catégories traditionnelles du sujet et d'objet ne sont que les réalisations de surface de fonctions de cas plus fondamentales. Ces dernières doivent donc être exprimées dans la structure profonde d'une grammaire transformationnelle.

FILLMORE pose un certain nombre de postulats.

- a) Les phrases simples d'une langue consiste en une proposition et un composant modal qui opère sur toute la phrase. (ce composant peut être la négation, l'interrogation, ...)  
Ce qui donne la représentation :



- b) Une proposition consiste en un verbe et un ensemble de participants



chaque cas apparaît comme un nom dans la structure de surface.

- c) Les cas utilisés pour un verbe donné dans une phrase ont été choisis dans un ensemble fini de cas.  
d) Dans chaque proposition, un cas n'apparaît qu'une seule fois.  
e) L'ensemble des cas acceptables pour un verbe donné, est appelé la structure de cas de ce verbe ou case frame.



FILLMORE pense qu'un seul ensemble de fonctions de cas opère dans toutes les langues, ensemble qu'il présume inné.

#### IV.4.1.2. Présentation .....

Je donnerai d'abord les fonctions de cas proposées par FILLMORE et ensuite, je verrai, sur un exemple comme ces fonctions sont intégrées dans une grammaire générative.

FILLMORE propose six fonctions de cas nécessaires. Telles qu'elles sont présentées elles ne sont pas toujours claires, c'est que la définition donnée est sémantique.

Par ailleurs, elles peuvent sembler insuffisantes.

La fonction d'agent (A) : le cas de l'instigateur  
animé d'une action identifiée  
par le verbe.

Exemple : (1) : "Jean ouvre la porte"

"La porte est ouverte par Jean"

Le cas en question est "Jean"

Dans les exemples qui suivront, le nom illustrant la fonction définie sera souligné.

La fonction d'instrument (I) : le cas d'une force  
ou d'un objet inanimé  
impliqué dans l'action ou  
l'état identifié par le  
verbe.

Exemple (II) : "Jean casse la fenêtre avec un marteau"

"La clef ouvre la porte"

La fonction du "datif" : (à ne pas confondre avec  
le datif des déclinaisons)  
le cas de l'être animé affecté  
par l'état ou l'action iden-  
tifié par le verbe.

Exemple (III) : "Jean pense qu'il va réussir"

"Jean donne un livre à Cécile"

La fonction "factitive" : le cas de l'objet ou  
de l'être résultant de  
l'action ou de l'état  
identifié par le verbe  
ou compris comme une  
partie de verbe.

Exemple (IV) : "J'ai fait un rêve amusant"

La fonction "d'objet" : (à ne pas confondre avec le  
complément d'objet)  
le cas, sémantiquement le plus  
neutre, de quelque chose de  
représentable par un nom dont  
le rôle dans l'action ou l'état  
identifié par le verbe, est  
identifié par l'interprétation  
sémantique du verbe lui-même.

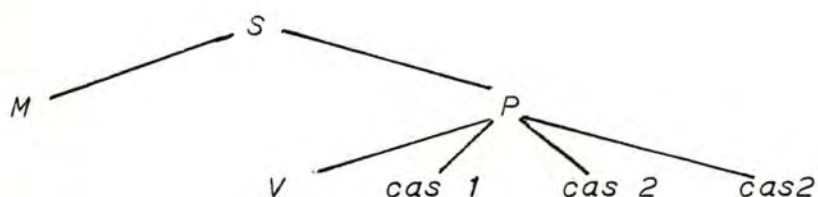
Exemple (V) : "Je vois la porte"

La fonction locative : le cas indiquant le lieu  
de l'action ou de l'état

identifié par le verbe.

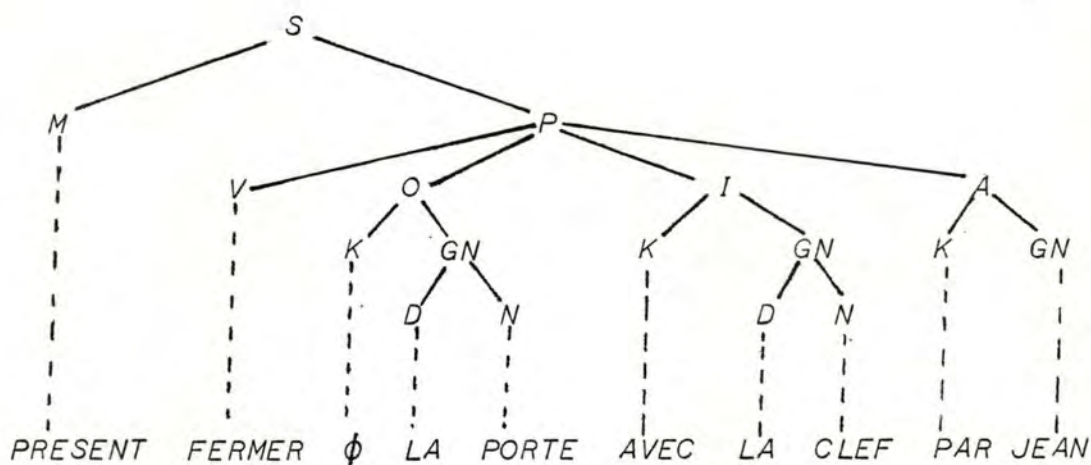
Exemple (VI) : "Je travaille à BRUXELLES."

Comme on l'a vu en IV.4.1.1. FILLMORE décompose la phrase en modalités et proposition, celle-ci consistant en un verbe et un certain nombre de fonction de cas. La représentation en est



Les cas pouvant être ceux qu'on a vus ci-dessus. Je l'appellerai indicateur syntagmatique PM pour éviter toute confusion avec l'arbre de description de CHOMSKY.

Pour la phrase : "Jean ferme la porte avec la clef", le P.M. est :





(où le symbole *K* est utilisé pour les prépositions éventuelles)

Le case-frame (IV.4.1.1. e)) de fermer sera  
(fermer, O,A, (I))

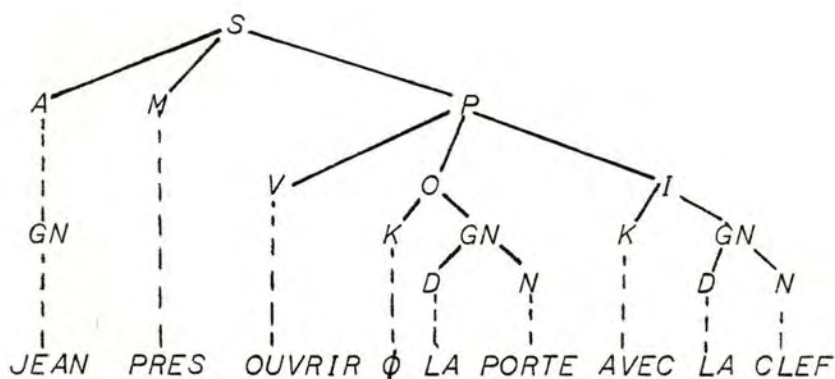
Un ensemble de règles permettent de produire les formes de cas à partir de fonctions de cas (structure superficielle).

Exemple : règle de sélection du sujet (forme de cas)

"s'il y a un cas d'agent, il devient sujet;  
sinon, s'il y a un cas d'instrument, il devient sujet,  
Sinon le sujet est le cas d'objet".

Si on applique cette règle à l'exemple : il y a un cas d'agent, il est donc choisi comme sujet et est déplacé vers la gauche. La préposition ("par" dans le cas d'un agent) est supprimée.

Le PM résultant est :



*Les transformations suivantes suppriment les signes  $\emptyset$  encore présents et opèrent l'accord du verbe.*

#### *IV.4.1.3. Conclusion*

*La théorie de FILLMORE présente deux aspects essentiels.*

*Le premier, comme on l'a déjà remarqué, est que les notions de sujet et d'objet contenus dans la structure profonde sont rejetées (en cela, FILLMORE s'oppose à la théorie générative et transformationnelle) en faveur d'une représentation qui s'apparente au prédicat et ses arguments. Ce point de vue semble maintenant largement partagé.*

*Les fonctions de cas permettent de reconnaître la synonymie entre deux phrases.*

*Exemple : (1) Pierre voit le livre*

*(2) Marie montre le livre à Pierre*

*Il y a entre ces deux phrases une synonymie partielle. Elle consiste dans le fait que les deux verbes ont, en commun, deux participants : Pierre (D) et livre (O) tandis que seul le verbe "montre" a un agent (Marie).*

*De même la différence sémantique entre deux verbes tels que "voir" et "regarder", apparaît dans leur structure de cas. Pour "voir" on aura (  O,D) et pour "regarder" (  O,A).*

Le second aspect à relever est la description des participants par une liste de cas.

Or un cas bien défini doit pouvoir donner un ensemble de règles de la forme

"Si un participant appartient à un tel cas,  
il doit avoir les propriétés suivantes ..."

Ces propriétés seraient, p.e., "animé", "auteur de l'action",...

Le problème réside dans le choix de la meilleure liste de cas. On verra dans le § suivant, que chaque auteur propose sa liste.

#### IV.4.2. Systèmes de cas en intelligence artificielle : Réseaux sémantiques

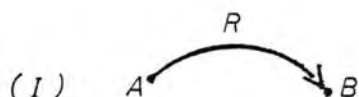
##### IV.4.2.1. Réseaux sémantiques. .....

Dans sa forme la plus simple, un réseau sémantique est une collection de points, appelés noeuds. Les noeuds peuvent être considérés comme la représentation d'un concept (dans le contexte est vu comme une entité à propos de laquelle une information est stockée). Chaque noeud peut avoir un nom, par exemple : "garçon", ou ne pas en avoir; dans ce cas il correspond à des concepts qui ne sont pas représentables par un simple nom, par exemple : "le garçon blond".

Un noeud peut être connecté, par un arc dirigé, appelé relation, à un autre noeud du réseau; cette relation portera une étiquette.



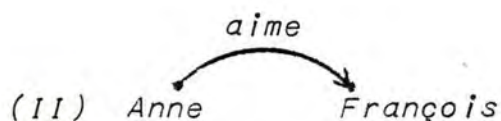
Graphiquement, on aura :



qui se lit : A a une relation R avec B

l'inverse n'étant pas nécessairement vrai

Exemple :



chaque noeud peut être rattaché à un nombre quelconque d'autres noeuds, ceux-ci de même et ainsi de suite. La plus petite unité d'information est le triplet : A R B mais l'unité de base est le noeud ou concept.

Un concept a un contenu d'information seulement parce qu'il est rattaché à un ou plusieurs autres noeuds.

Un noeud isolé (rattaché à aucun autre noeud) est vide de contenu et inaccessible.

Le mot concept est employé pour désigner à la fois des concepts généraux et des concepts spécifiques.

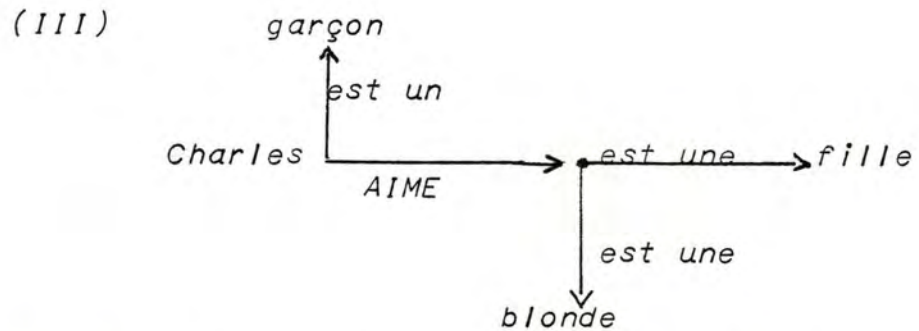
Les premiers sont aussi appelés types.

Exemple : fille, maison ...

Les second sont appelés marques (de l'anglais "token") et peuvent représenter cette feuille de papier ou le garçon qui aime la fille blonde, ...

Un concept spécifique est relié à son type par la relation "est un(e)"

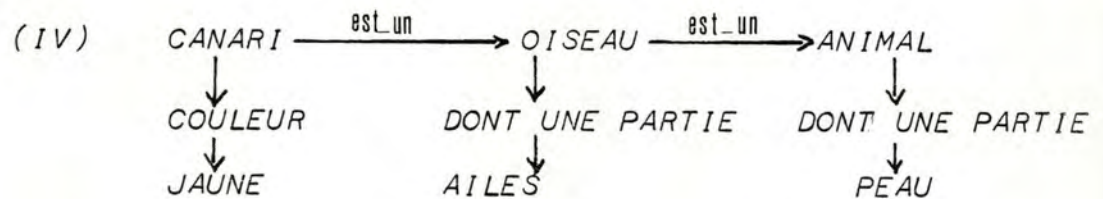
Exemple :



Le noeud sans nom représente "une fille blonde"

Les réseaux sémantiques fournissent une méthode  
implicite d'inférence :

Exemple :



La couleur du canari peut être trouvée en suivant  
la flèche "COULEUR" de "CANARI" à "JAUNE".

Par syllogisme, il y a moyen de trouver qu'un  
canari a des ailes.

Le modèle, tel qu'il vient d'être décrit, devient  
rapidement insuffisant si l'on veut représenter des  
énoncés un peu plus complexes. Le schéma suivant :

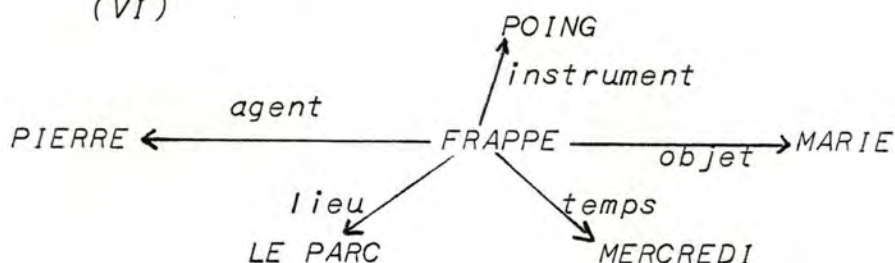


ne permet pas qu'on y ajoute des informations supplé-  
mentaires comme le lieu, le temps, ...

Le problème est résolu en introduisant des noeuds pour les événements.

Ce qui donne :

(VI)

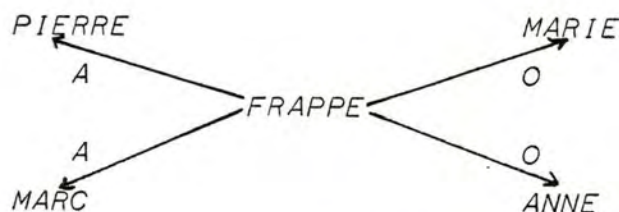


Le modèle précédent distinguait qui frappe de qui est frappé par leurs positions respectives d'un côté ou l'autre de la flèche. Maintenant on les distingue en les appelant l'un agent, l'autre objet.

Mais cette représentation pose encore un problème. Prenons la phrase : "Pierre frappe Marie et Marc frappe Anne".

La représentation :

(VII)



ne permet pas de savoir qui frappe qui. La solution à cela est de distinguer des actes particuliers de frapper à partir de la notion "frapper en général"



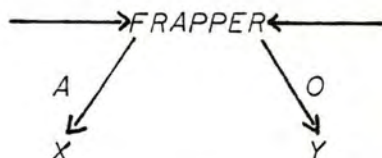
(VIII)



Le noeud "frapper" représente le concept de frapper et les deux occurrences de quelqu'un frappant sont rattachées à la notion générale par la relation 'acte de', parallèle à la relation "est un(e)" entre deux concepts d'objet.

Le noeud "frapper" peut être étendu :

(IX)



il s'agit d'une information descriptive du concept général, signifiant que la notion est incomplète sans un agent et sans un objet.

On peut déjà faire remarquer qu'un prédicat comme "frapper" qui était une liaison entre des noeuds, ou plus formellement une relation (cfr calcul des prédicats du premier ordre, chapitre I) est maintenant un noeud. On continuera à appeler "relation" la liaison entre noeuds tandis que prédicat désignera les noeuds de concepts généraux comme "frapper".

On appellera structure de prédicat les structures telles que (VIII) pour souligner le fait qu'à l'intérieur du concept général il y a un noeud (prédicat) plutôt qu'une liaison.

Le modèle présenté est celui de QUILLIAN (1968).

#### IV.4.2.2. Le système de SIMMONS .....

Par rapport à FILLMORE (IV.4.1.2), SIMMONS propose un système de cinq fonctions de cas (cfr IV.4.1.1)

- 1) L'actant causal (CA) qui représente, d'une part l'instigateur animé d'une action et d'autre part la cause instrumentale de l'action.

Exemples : "Jean ferme la porte"  
CA

"Le ballon brisa la fenêtre"  
CA

Ainsi deux CA sont possibles dans la même phrase : CA<sub>1</sub> et CA<sub>2</sub>, définis par deux ensembles distincts de critères sémantiques. (de façon à éviter les phrases du type : "Le ballon brisa la fenêtre avec Paul")

Exemple : "Paul brisa la fenêtre avec le ballon"  
CA<sub>1</sub> CA<sub>2</sub>

- 2) Le THEME est l'objet qui subit l'action. Il peut être inanimé, comme dans l'exemple précédent : 'fenêtre', ou animé comme dans l'exemple suivant.

Exemple : "BONAPARTE a été battu à WATERLOO"  
TH





*casser, fenêtre et marteau. Les relations entre les noeuds portent le nom d'une relation de cas profonde.*

*Selon SIMMONS, un noeud représente "le sens contextuel" d'un mot. Chaque noeud est vu comme une "marque" (token) reliée au sens particulier du mot par la relation TOK (ce qui est quasi équivalent à 'EST-UN(E)' du IV.4.2.1.).*

*Pour définir un sens particulier d'un mot, SIMMONS suggère une association de caractères sémantiques et syntaxiques.*

*Exemple : pour le mot "pomme",*

NBR (nombre	- S (sing)
FORME	- sphère
COULEUR	- rouge
IMAGE IMPRIMÉE	- pomme
THEME	- nourriture
CAT.SYNTAXIQUE	- nom

*Une représentation, incluant les relation "TOK" pour l'exemple ci-dessus, serait :*

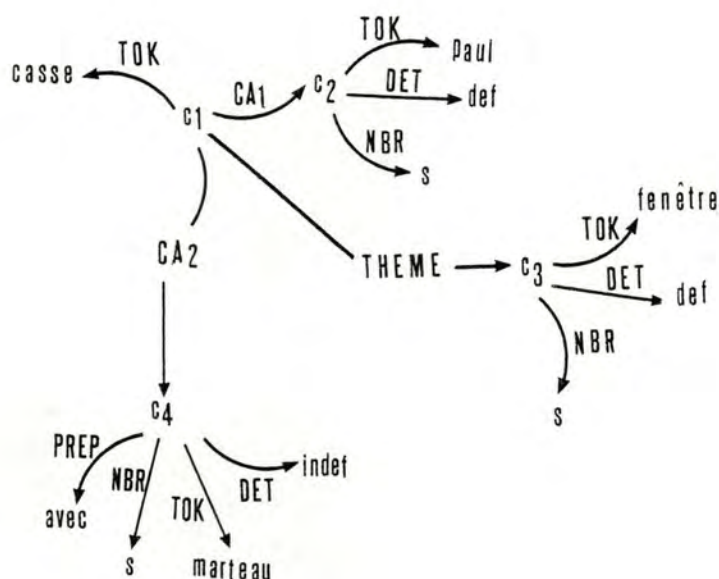
*( C<sub>1</sub> TOK casser ) ( C<sub>1</sub> CA<sub>1</sub> C<sub>2</sub> ) ( C<sub>1</sub> Thème C<sub>3</sub> ) ( C<sub>1</sub> CA<sub>2</sub> C<sub>4</sub> )*

*( C<sub>2</sub> TOK Paul ) ( C<sub>2</sub> Dét déf ) ( C<sub>2</sub> nbre S )*

*( C<sub>3</sub> TOK fenêtre ) ( C<sub>3</sub> Dét déf ) ( C<sub>3</sub> nbre S )*

*( C<sub>4</sub> TOK marteau ) ( C<sub>4</sub> dét indéf ) ( C<sub>4</sub> nbre S ) ( C<sub>4</sub> prép )*

*avec et le réseau sémantique :*



Ce réseau est aussi la représentation des phrases suivantes qui peuvent être considérées comme des variantes de surface d'une structure sous-jacente :

"Paul cassa la fenêtre"

"Le marteau cassa la fenêtre"

#### IV.4.2.3. Le système de SCHANK

Le but de SCHANK est d'utiliser la représentation sémantique pour représenter les informations de la manière la plus canonique possible (autrement dit, les différentes façons d'énoncer une information auraient la même représentation). Dans ce but, SCHANK développa un formalisme appelé dépendance conceptuelle.

Ce formalisme consiste essentiellement à représenter chaque action comme une composition de une ou

plusieurs actions primitives, avec des états intermédiaires et des relations causales.

SCHANK définit onze actions primitives qu'il estime suffisantes pour représenter les sens de tous les verbes. Pour ces actions primitives, il spécifie la structure de cas (cfr FILLMORE, IV.4.1.1. e))

Rappelons que pour FILLMORE une structure de cas était attribuée pour chaque verbe de surface.

Les fonctions de cas définies par FILLMORE (cfr IV.4.1.1 et IV.4.1.2) sont appelées cas conceptuels par SCHANK. Ils sont identifiables par un graphisme particulier et une étiquette. Il distingue :

-l'acteur : agent de l'action

$$N \longleftrightarrow A$$

où A représente ACTION

où N, nominaux

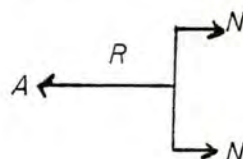
Exemple : "Paul frappe Marie"

-l'objet : dénomination de l'objet exécuté par l'action

$$\begin{array}{c} O \\ A \longleftarrow N \end{array}$$

Exemple : "Paul frappe Marie en lui envoyant un coup de poing".

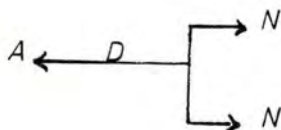
-le récipient : utilisé pour noter la transition d'un objet d'une origine à une destination.





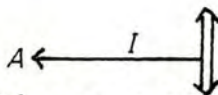
Exemple : "Paul donne un livre à Marie"

-la direction : indique les points de début et de fin d'une action de déplacement.



Exemple : "Paul donne un livre à Marie"

-l'instrument : désigne le groupe du nom utilisé comme instrument. Il est toujours une conceptualisation complète pas un simple cas.



Exemple : "Pierre casse la fenêtre avec une hache"

Le paragraphe qui suit aborde la notion de conceptualisation.

La structure formelle des réseaux de SCHANK est telle que les dépendances conceptuelles et les items (noeuds) sont de quatre types ou catégories conceptuelles.

Elles sont symbolisées par : PP, ACT, PA, AA correspondant respectivement au nom, verbe, adjectif et adverbe.

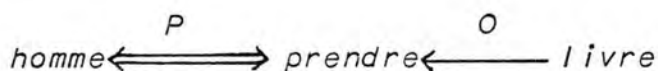
Rappelons qu'une "dépendance conceptuelle" est une composition de une ou plusieurs actions primi-

tives. (Celles-ci seront identifiées dans les exemples.)

Les noms sont généralement représentés par des actions primitives dans une dépendance conceptuelle. Ces unités sont combinées pour former une structure de base, appelée conceptualisation.

Exemple : "L'homme prit un livre"

(XII)

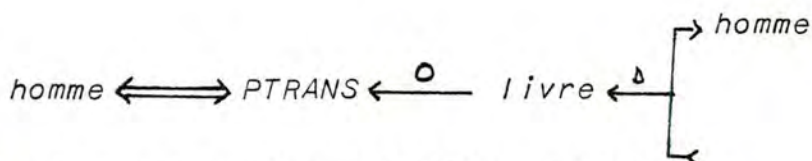


"homme" et "livre" sont dits dépendants de l'action centrale "prendre".

"P" indique le temps passé.

Dans le formalisme de dépendance conceptuelle, cela donne :

(XIII)



où PTRANS est l'action primitive désignant un transfert physique.

Le graphique se lit comme suit : l'homme a transféré physiquement le livre d'un endroit inconnu à lui-même.

SCHANK a développé des règles qui spécifient les bonnes conceptualisations.

Exemple : l'action primitive INGEST (ingérer une





#### IV.4.2.4. Comparaison .....

##### IV.4.2.4.1. FILLMORE et SIMMONS oooooooooooooooooooooooooooo

Il est clair que SIMMONS propose des fonctions de cas assez différentes de celles de FILLMORE. SIMMONS permet à un <sup>cipant</sup> parti de surface de remplir deux fonctions de cas dans la même phrase, ce qui n'apparaît pas chez FILLMORE. De même un cas peut apparaître plusieurs fois dans la même phrase ce qui s'oppose au postulat d) de FILLMORE (IV.4.1.1.)

Je ne trancherai pas ici pour "la meilleure liste".

Aucun de ces auteurs ne justifie son choix. Ce fait constitue sans aucun doute un problème.

##### IV.4.2.4.2. FILLMORE et SCHANK oooooooooooooooooooooooooooo

Ceux-ci se différencient essentiellement par trois points :

1) FILLMORE destine les structures de cas aux verbes de surface tandis que SCHANK spécifie des structures de cas pour chacune des onze actions primitives.

2) Dans le système de SCHANK, pour une action primitive donnée, les cas associés sont obligatoires, contrairement à FILLMORE.

2) Etant donné que tous les cas pour une action donnée doivent être inclus dans une conceptualisation,

*l'insertion de participants n'apparaît pas nécessairement dans la phrase de surface (cfr ex. XV) alors que FILLMORE restreint sa représentation aux participants mentionnés dans la phrase.*

#### *IV.4.2.4.3. Conclusion*

oooooooooooooooooooo

*SIMMONS et SCHANK ont apporté des modifications formelles au système de cas, qui ont conduit à une représentation caractérisée par le regroupement des fonctions de cas autour d'une action.*

*L'usage différent des cas relève de la décision d'attacher les structures de cas aux primitives (structures profondes) ou aux verbes de surface.*

*La représentation de SIMMONS semble plus proche du langage naturel que celle de SCHANK.*

*Les deux systèmes vus, de SIMMONS et de SCHANK illustrent deux types de représentation des données. L'une stocke les informations sous forme de procédures - c'est le cas de SIMMONS qui veut des procédures pour passer d'un réseau à un autre, l'autre stocke une collection de faits - comme SCHANK qui veut une représentation "tout-usage".*

*Finalement, la question qui reste en suspens est : que peut-on représenter avec les cas ?*



IV.4.2.5. Réseaux sémantiques et calcul des prédicats  
 ..... du premier ordre (L.P.P.O.)  
 .....

Comme on l'a vu au chapitre I, le L.P.P.O. offre l'avantage d'une représentation et d'une méthode de déduction. Les réseaux sémantiques offrent l'avantage d'une organisation adéquate des faits (ce qui manquait au L.P.P.O.), la méthode de déduction étant implicite.

La tentation serait donc d'introduire des caractéristiques d'organisation d'un réseau sémantique dans le L.P.P.O., opération qui s'avère extrêmement complexe en ce qui concerne les quantificateurs. SCHUBERT a montré une manière de construire la plupart des structures du L.P.P.O. dans un réseau sémantique. Celui-ci est très compliqué et les déductions se font en beaucoup plus "d'étapes" que dans le modèle original.

Il reste qu'une combinaison du L.P.P.O. et des réseaux permettrait d'assouplir un formalisme strict qui assure des déductions toujours correctes mais trop restrictif sur <sup>les</sup> faits représentables et les déductions que l'on peut faire à partir de ces faits.



*CHAPITRE V : LES FRAMES : DES CANEVAS POUR EVENEMENTS*  
=====

### V.1. Introduction

Jusqu'à présent on a vu plusieurs manières de représenter le langage naturel. Mais, pour comprendre un énoncé dans une langue donnée, il ne suffit de connaître les mécanismes de cette langue. Comme toute manifestation humaine, elle s'intègre dans un contexte plus large, communément appelé méta-linguistique. C'est ainsi qu'il ne suffit pas de "formaliser" le langage naturel, il faut aussi "représenter" ce qui, dans un contexte socio-culturel donné, est pertinent pour la compréhension d'un énoncé. Ce peut être des objets ou des situations.

Exemple : une scène qui se passe au restaurant :

"Je voudrais des spaghetti avec de la sauce et du vin"

Celui qui lit cette phrases comprend que la sauce sera mélangée aux spaghetti et non le vin, car il connaît certaines habitudes alimentaires.

Ce chapitre propose une formalisation de situations stéréotypées. Elle est due à MINSKY. CHARNIAK l'a, par la suite, développée.

Je laisserai de côté la représentation du langage naturel dans sa syntaxe et sa sémantique pour m'attacher essentiellement à cette question de contexte méta-linguistique.

Le § V.2. présente les idées de MINSKY et la définition d'un 'frame'.

Le § V.3. développe la théorie de CHARNIAK, en particulier, les frames ou canevas pour événements stéréotypés.

## V.2. Idées générales : MINSKY

### V.2.1. Idée de base

MINSKY a présenté ses idées dans son ouvrage intitulé "Frames paper" (1975). Le terme français qui rend le mieux l'idée de MINSKY est un canevas, cependant je garderai le terme anglais frame, aujourd'hui communément employé.

Ce qui a motivé MINSKY est une réflexion sur la capacité de "voir". Partant du présupposé selon lequel un être humain a la faculté de voir plusieurs choses d'"un coupe d'oeil", autrement <sup>dit</sup> "en parallèle". Ce qui s'oppose au travail en série de l'ordinateur. MINSKY conteste ce présupposé et estime que la vision parallèle de l'homme n'est qu'une illusion : en fait nous avons une bonne idée de ce que nous allons voir et, utilisant cette connaissance, nous fixons notre attention sur ce qui est différent, dans ce que nous voyons, par rapport à ce que nous nous attendions à voir.

MINSKY appelle cette connaissance un frame.



L'exemple qu'il donne est celui d'une pièce, par exemple un bureau. Avant d'y entrer, on a une idée de ce qu'on va y voir:: des murs, un bureau, ... Quand on entre dans la pièce on note les particularités en les comparant au cas habituel.

#### V.2.2. Les frames

Un frame est une structure de données qui représente une situation stéréotypée.

En gardant à l'esprit l'idée de vision, ce qui sera représenté ce sont des objets, chacun étant un terminal du frame. Un terminal décrit un objet en en spécifiant les propriétés. Entre les terminaux il y aura des relations.

Chaque frame est relié, par pointeurs, à d'autres frames qui décrivent la même chose mais d'un autre point de vue.

Exemple : quand on entre dans une pièce, le mur de derrière est invisible et ne sera donc pas décrit dans ce frame mais celui-ci est rattaché à d'autres qui décrivent ce mur. Autrement<sup>dit</sup> plusieurs frames peuvent se partager des terminaux.

Si l'on veut appliquer l'idée au frame au langage naturel on n'aura plus une simple notion mais quatre sortes de frames correspondant aux représentations

*syntactique, sémantique, de situations stéréotypées et à la représentation de conventions de communication (manière dont les histoires sont racontées, de tenir une conversation ...)*

*Le troisième type de frame, appelée "scenario frame" par MINSKY est celui qui m'occupera.*

*Exemple : frame pour une fête d'anniversaire*

*Y doit apporter C pour X ..... choisir C'*

*X doit aimer C ..... X aimera-t-il C ?*

*acheter C ..... où acheter C ?*

*se procurer de l'argent..où se procurer l'argent ?  
pour acheter C*

*Y doit s'habiller.....Comment Y va-t-il  
s'habiller ?*

*A gauche on trouve les terminaux et à droite,  
les questions associées.*

*Les terminaux sont les "problèmes" qui sont  
associés à une invitation à un anniversaire. L'invité  
doit acheter un cadeau pour son hôte. Celui-ci  
doit aimer ce cadeau, ...*

*La frame se présente comme les instructions qu'on  
donnerait à quelqu'un qui doit aller à une fête  
d'anniversaire et qui n'y est jamais allé.*

### V.3. CHARNIAK : développement des frames de scénario

Dans "organization and inference in a frame-like system of commun sense knowledge" (1975), CHARNIAK reprend l'idée de MINSKY en la développant.

Comme pour MINSKY, un frame de scenario est une structure de données représentant une situation stéréotypée comme de faire des courses au supermarché, prendre un bain, ...

Chaque frame est construit sur un ensemble de spécifications sur une situation donnée, correspondant aux terminaux de MINSKY.

On suppose un texte en langage naturel, racontant une petite histoire. Pour comprendre une phrase on commence par regarder si la phrase est l'actualisation d'une ou plusieurs spécification[s] de frame (S.F.)

Exemple :

texte : (1) "Jean est allé chercher quelque chose au supermarché.

(II) Le chariot qu'il a pris est le dernier"

S.F. (a) Un acheteur se procure un chariot (spécification d'un frame représentant le fait de faire des courses au supermarché.) la phrase (II) est une actualisation de (a)

(II) sera représentée par une spécification



d'histoire.

(II') Jean se procure un chariot

Le frame de supermarché contient d'autres S.F. du type.

(b) : "(a) survient avant (c)"

(c) : "l'acheteur se procure des achats"

En utilisant (b) on peut conclure que Jean n'a pas fini ses achats. Quand une S.H. actualise une S.F. , les variables de la S.F. seront liées à la S.H.

Les variables liées sont reprises dans une structure de données séparée, appelée image du frame (F.I.) pour qu'une autre actualisation de la S.F. reste possible (d'autres personnes faisant leurs achats au même moment, ...)

Pour terminer ce §, voici le fragment d'un frame consacré au supermarché :

BUT : l'acheteur possède des choses achetées

ACHETEUR : décide qu'il utilise un chariot,  
Si oui créer un F.I. chariot

ACHETEUR : se procure un chariot

ACHETEUR : se procure les objets acheteables  
pour tout objet acheteable

faire ; ACHETEUR choisit un objet

° chariot (ACHER, CHARIOT, OBJET)

ACHETEUR détient des objets

OBJETS dans chariot

*fin*

*ACHETEUR à la caisse*

*ACHETEUR paie pour objet achetables*

*ACHETEUR quitte le supermarché*

*en ° la frame appelle un sous frame qui dit comment  
utiliser le chariot.*

#### *V.4. Conclusion*

*Ce modèle comporte quelques problèmes. Le plus important est que les frames ne rendent compte que de situations stéréotypées. Il est évident qu'une histoire peut s'en éloigner beaucoup et comme ils sont présentés on voit mal comment les frames pourraient être utilisés pour comprendre des situations inhabituelles qui arrivent dans les histoires et dans la vie.*

*CHAPITRE VI : TENTATIVE DE SYNTHÈSE*  
=====



*Les modèles vus aux chapitres précédents se limitent à un aspect du processus de compréhension du langage naturel.*

*Ce très bref chapitre voudrait montrer comment ils peuvent être utilisés, de manière complémentaire, pour parvenir à une relative compréhension de la langue naturelle par ordinateur.*

*Supposons que l'on veuille faire un système informatique de questions/réponses. L'ordinateur possède en mémoire un certain nombre d'informations sur un sujet particulier.*

*L'utilisateur doit pouvoir poser des questions, concernant le sujet et l'ordinateur répond.*

*Le dialogue se fait en langue naturelle.*

*On peut considérer trois problèmes à résoudre.*

*(1) Le développement d'un langage de représentation formalisée du langage naturel, dans laquelle les aspects sémantiques pertinents sont représentés explicitement et sans ambiguïté.*

*(2) Le développement d'algorithmes :*

- pour traduire les énoncés dans une forme appropriée.*
- Pour utiliser correctement l'information contextuelle pour résoudre les ambiguïtés sémantiques et syntaxiques.*
- pour traduire les structures tirées des informations mémorisées.*

(3) Développer un algorithme pour déterminer quel sous-ensemble des informations contenues dans la base de données est pertinent pour comprendre une question et, en utilisant les relations logiques représentées dans la base de données, déduire les réponses à partir de ce sous-ensemble.

Soit un langage du premier ordre pour représenter les énoncés.

Un analyseur syntaxique, une grammaire A.T.N. ou context-free, décompose l'énoncé en constituants.

Un analyseur sémantique transforme la structure "en constituants" en formules du premier ordre.

Le mécanisme d'inférence fournit la réponse à la question sous forme d'une formule.

Celle-ci est transformée en une structure en constituants d'où est générée la réponse en langage naturel.

Un dictionnaire doit fournir, pour chaque mot, des indications syntaxiques et sémantiques.

Il faut préciser la grammaire context-free.

On pourrait avoir des règles de la sorte :  $S \rightarrow SN + PRED$  auxquelles on peut associer l'équivalent sémantique en langage du premier ordre.

Il est possible d'introduire dans le calcul des prédicats des caractéristiques des réseaux sémantiques.



CONCLUSION  
=====



*Quelle que soit la finalité de la recherche en traitement automatique de langage naturel, étude du langage en lui-même ou toute automatisation d'une activité nécessitant sa compréhension, il implique une étude linguistique. Celle-ci devait avoir une place dans ce travail. Il était important de souligner la complexité de l'objet et de cerner les problèmes que pose la langue naturelle à l'étude rationnelle et donc à l'automatisation.*

*Les méthodes présentées donnent un aperçu des tâtonnements de la recherche qui s'oriente vers l'un ou l'autre problème, privilégiant l'aspect soit syntaxique, soit sémantique, soit déductif de la compréhension de la langue naturelle.*

*La tendance serait maintenant à envisager le langage dans sa complexité en intégrant toutes ses dimensions.*

*Les résultats de la recherche sont assez décevants.*

*Les modèles et méthodes présentés résolvent quelques problèmes. Mais nous sommes encore loin de l'automatisation de la fonction du langage naturel permettant la "compréhension linguistique" telle qu'elle a été définie dans l'introduction.*

*Les réalisations actuelles se restreignent à des domaines extrêmement limités.*

*La réponse à la question posée au début de ce travail semble être : "NON".*

*Mais elle reste ouverte : une automatisation complète de processus linguistique sera-t-elle un jour possible ?*

LEXIQUE  
=====



Connotation : propriété d'un terme de désigner en même temps que l'objet certains de ses attributs.  
Ensemble des caractères de l'objet désigné par un terme.

Linguistique automatique : Pour qu'il puisse être question de linguistique automatique, il suffit qu'un ordinateur ait été impliqué dans le traitement de données linguistiques que la finalité soit proprement linguistique ou pas (p. e. la traduction automatique, dialogue homme-machine en langue naturelle). Dans ce travail, le terme est pris dans sa seconde acception.

Morphème : ling. forme minimum douée de sens qui est libre ou liée à une autre forme. Le morphème est constitué de phonèmes et est le constituant d'un mot.

Morphème discontinu : se dit d'un morphème composé de deux éléments, séparés par un autre élément linguistique dans la phrase. Ex. : négation : ne...pas.

Morphologie : ling. Etude de la formation des mots et des variations de forme qu'ils subissent dans la phrase.

Mot : 1° cour. Chacun des sons ou groupe de sons correspondant à un sens, entre lesquels se distribue le langage.

2° ling. Forme libre douée de sens qui entre dans la production de la phrase.

Phonème : phonétique. Elément sonore du langage articulé, considéré du point de vue physiologique (formation par les organes vocaux) et acoustique. phonologie. Ce même élément considéré comme une unité distinctive de l'expression phonétique.

Ex. : "tend" et "dent".

Phonologie : ling. Science qui étudie les phonèmes non en eux-mêmes, mais quant à leur fonctionnement dans la langue.

Sémantique : I 1° Etude du langage considéré du point de vue du sens; théorie visant à rendre compte des phénomènes signifiants dans le langage.

2° log. Etude générale des relations entre les signes et leurs référents.

II adj. relatif à la sémantique; de la signification; du sens.

Syntaxme : ling. Groupe de morphèmes ou de mots qui se suivent avec un sens (ex. : relire, sans s'arrêter, crayons rouges). - Spécialt. Ce groupe formant une unité dans une organisation hiérarchisée de la phrase.

Syntaxe : gram. Etude des relations entre les formes élémentaires du discours (mot, syntaxme).



*BIBLIOGRAPHIE*  
=====



## CHAPITRE I

- (1) COLLECTIF, Computational Semantics - an introduction to Artificial Intelligence and natural language comprehension. Edited by E. CHARNIAK and Y. WILKS-  
North-- Holland Publishing Company  
Amsterdam - New-York . Oxford. 1976
  
- (2) PITMAN, The Handbook of Artificial Intelligence  
Vol I, edited by Avron Barr and E.A. Feigenbaum  
Department of Computer Science  
Stanford University
  
- (3) NILS J. NILSON, Principles of Artificial Intelligence  
Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1982
  
- (4) COLBY, K.M et al Artificial Paranoia, Artificial Intelligence, 2, 1 - 25 (1971)
  
- (5) CERCONE, NICK, Advanced in computer-aided. Literary and linguistic What can A.I. offer to computational linguistics ? zani, Gian Piero 229 - 245  
edited by D.E.AGER, F.E. KNOWLES, JOAN SMITH

## CHAPITRE II

- (6) CARNAP, R. The logical syntax of language, (Harcourt Brace, New-York) (1937)
  
- (7) MONTAGNE, R. The Proper Treatment of Quantification in ordinary English, in Hintikka, Moravcsik

- and Suppes (eds.) Approaches to Natural Language,  
(Reidel, Dordrecht) 221 - 242 (1972)
- (8) STRAWSON, P.F. Etudes de logique et de linguistiques, traduit de l'anglais par J. Hilner, éd. Seuil Paris (1973)
- (9) COLLECTIF, Modèles logiques et niveaux d'analyse linguistique, II Recherches linguistique. Etudes publiées par le centre d'analyse syntaxique de l'Université de Metz, Metz (1974)
- (10) NILSON, N. J. Problem Solving methods in Artificial Intelligence, 156 - 185 (1971)
- (11) ANDREEWSKY, A. Apprentissage, analyse automatique du langage, application à la documentation, Documents de linguistique quantitative 21, eds Jean Favard 24-43 (1973)
- (12) LECHARLIER, B. Réflexion sur le problème de la correction des programmes, Vol I première partie : critique de la formalisation - thèse de doctorat FNDP (1985)

### Chapitre III

Voir références (1) (11)

- (13) NIQUE, C., Initiation méthodique à la grammaire générative, eds A. Colin, Paris (1976)



- (14) BLOOMFIELD, Le langage, Payot, Paris (1970)
- (15) GROSS, M., Grammaire transformationnelle du français, syntaxe du verbe, Langue et Langage, Larousse (1968)
- (16) KAYNE, R. S., Syntaxe du français. Le cycle transformationnel, traduit de l'américain par P. Attal - travaux linguistiques. Collection dirigée par N. Ruwet. Eds Seuil, Paris (1977)
- (17) FRIEDMAN, J., A computer model of transformational grammar, in the series : Mathematical linguistics and automatic language processing. Elsevier New-York - London - Amsterdam (1971)
- (18) CHOMSKY, N., Structures syntaxiques, trad. Seuil 1969. (1957)
- (19) CHOMSKY, N., Aspects de la théorie syntaxique, trad. Seuil, 1971. (1957)
- (20) DUBOIS, J. et DUBOIS-CHARLIER, F., Analyse distributionnelle et structurale, in Langage, n° 20, Larousse (1970)
- (21) GREVISSE, M., Précis de grammaire française, eds J. Duculot. Gembloux (1969)
- (22) EARLEY, J., An efficient context-free parsing algorithm, Communication of the ACM, vol. 13/n° 2 (1970)



- (23) DE KOCK, J., *Linguistique automatique et langues romanes*, in Documents de linguistique quantitative, n° 29, éds Jean Favard (1977)
- (24) LYONS, J., Linguistique générale, trad. Larousse, 1970 (1968)
- (25) WOODS, W. A., *Transition network grammars for Natural language Analysis*. Communication of the A.C.M., volume 13, n° 10 (1970)
- (26) WOODS, W. A., *Context-sensitive Parsing*, Communication of the A.C.M., vol. 13, n° 7 (1970)
- (27) FRIEDMAN, *A Computer System for transformational grammars*, CACM, v 12, n° 6, 1969, 341 - 348
- (28) FRIEDMAN, *A Computer Model of transformational grammar*. Math linguistics & language processing, vol. 9, Elsevier (1971)
- (29) CHAUCHE, J. "Arborescence et transformations", document CETA G - 2700 - A (1972)
- (30) CHAUCHE, J., "Transducteurs et arborescences, Etude et réalisation de systèmes appliqués aux grammaires transformationnelles".  
Thèse d'Etat, Grenoble, 1974

#### Chapitre IV

Voir références (13), (18), (19), (23) et (24)

- (31) CARNAP, R., Introduction to semantics, (Harvard U. P. Cambridge, Mass.) (1942)
- (32) KATZ, FODOR, The structure of a semantic theory, *Language* XXXIX, 170 - 210 (1963)
- (33) KATZ, FODOR, The structure of language, Prentice Hall (1964)
- (34) GALMICHE, M., Sémantique générale, Larousse (1975)
- (35) CERCONE, NICK, *Advanced in computer-aided. Literary and linguistic research. Edited by D. E. AGER, F. E. Knowles, J. SMITH, representing natural language in extended semantic network for interprétation and comprehension by machine - 141 - 177*
- (36) SIMMONS, R. F., Some Semantic Structures for representing English Meanings, Tech. Rept., NL-1, (Computer Science Dept., U. of Texas, Austin) (1972)
- (37) SIMMONS, R. F., Semantic Networks : their computation and use for understanding English Sentences, SAC (1973)
- (38) FILLMORE, C., The case for case, in Bach & Harms (eds) *universals in linguistics theory* (Holt, Rinehart & Winston, New-York), 1 - 90 (1968)

- (39) SCHANK, R., *Conceptual dependency : A theory of natural language understanding*, Cognitive psychology, 3, 3, 552 - 631 (1972)

Chapitre V

- (40) CHARNIAK, E., *A common representation for Problem-solving and language-comprehension information*, in Artificial Intelligence 16 (1981) 225 - 255
- (41) CHARNIAK, E. *Organisation and inference in a frame-like system of common sens knowledge*, TINLAP (1975)
- (42) MINSKY, M., Semantic information processing, The MIT Press, Massachussetts Institute of technology. Cambridge, Massachussetts and London, England (1968)